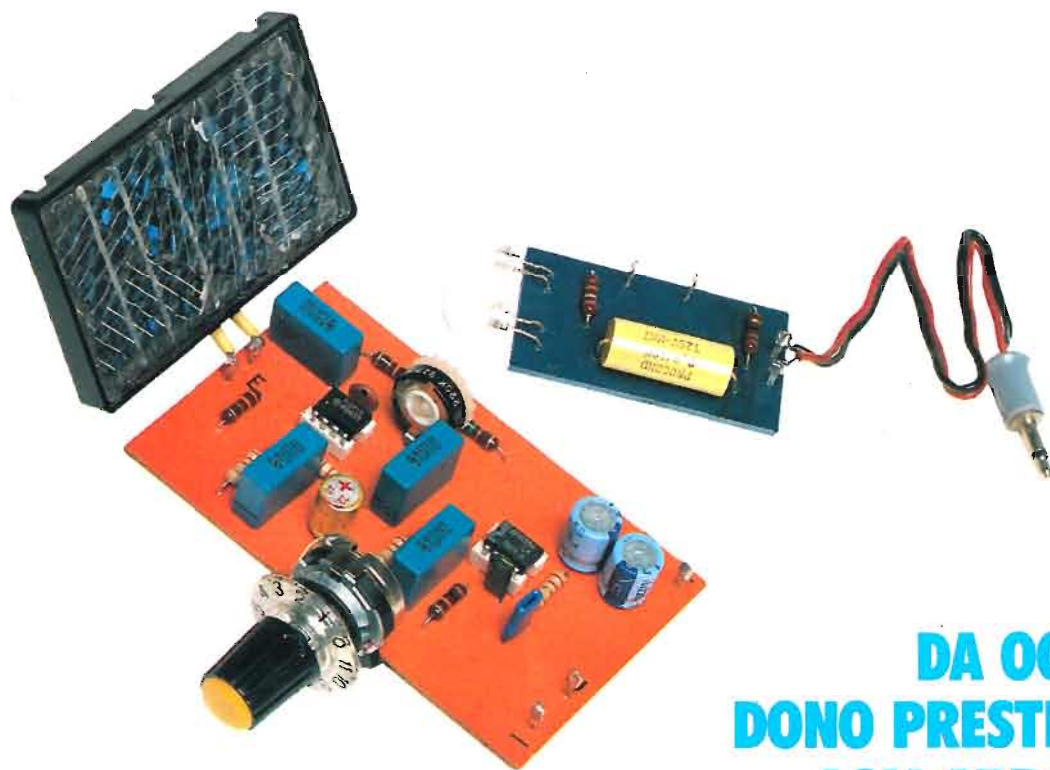
ELETTRONICA PRATICA

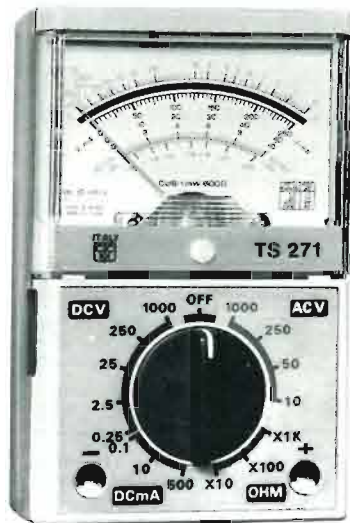
RIVISTA MENSILE PER GLI APPASSIONATI
DI ELETTRONICA - RADIO - OM - 27 MHz

PERIODICO MENSILE - SPED. IN ABB. POST. GR. 3°/70 - ANNO XVIII - N. 11 - NOVEMBRE 1989
ED. ELETTRONICA PRATICA - VIA ZURETTI, 52 - 20125 MILANO - TEL. 02/6697945 L. 4.000

PRIMI PASSI
TRANSISTOR GENERALITÀ PROVE PRATICHE

TEMPORIZZATORE DIFFERENZIALE AUTOMATICO

DA OGGI UN DONO PRESTIGIOSO AGLI ABBONATI:

LA CELLULA SOLARE

STRUMENTI DI MISURA

TESTER ANALOGICO
MOD. TS 271 - L. 24.500

CARATTERISTICHE GENERALI
5 Campi di misura - 19 portate
Sensibilità : 10.000 Ω/V D.C.
Dimensioni : mm 150 × 63 × 32
Peso : Kg 0,14
Pila : 1 elemento da 1,5 V

PORTATE
VOLT D.C. = 0,25 V - 2,5 V - 25 V - 250 V - 1.000 V
VOLT A.C. = 10 V - 50 V - 250 V - 1.000 V
AMP. D.C. = 0,1 mA - 10 mA - 500 mA
OHM = x 10 ohm - x 100 ohm - x 1.000 ohm
dB = — 20 dB + 62 dB

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico - Puntali

TESTER ANALOGICO
MOD. TS 260 - L. 62.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate
Sensibilità : 20.000 Ω/V D.C. - 4.000 Ω/V A.C.
Dimensioni : mm 103 x 103 x 38
Peso : Kg 0,250
Scala : mm 95
Pile : 2 elementi da 1,5 V
2 Fusibili
Spinotti speciali contro le errate inserzioni

PORTATE
VOLT D.C = 100 m V - 0,5 V - 2 V - 5 V - 20 V - 50 V - 100 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C. = 2,5 V - 10 V - 25 V - 100 V - 250 V - 500 V - 1000 V
OHM = Ω x 1 - Ω x 10 - Ω x 100 - Ω x 1000
AMP. D.C. = 50 μA - 500 μA - 5 mA - 50 mA - 0,5 A - 5 A
AMP. A.C. = 250 μA - 1,5 mA - 15 mA - 150 mA - 1,5 A - 10 A
CAPACITÀ = 0 ÷ 50 μF - 0 ÷ 500 μF (con batteria interna)
dB = 22 dB - 30 dB - 42 dB - 50 dB - 56 dB- 62 dB

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e parti accessorie - Puntali

Gli strumenti pubblicizzati in questa pagina possono essere richiesti inviando anticipatamente l'importo, nel quale sono già comprese le spese di spedizione, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.

UN DONO IMPORTANTE

La scelta del dono, con cui la direzione premia quest'anno quanti si iscriveranno o continueranno a rimanere iscritti nell'elenco degli abbonati, è stata difficile e, a lungo, dibattuta. Perché i suggerimenti, garbatamente ed affettuosamente rivolti dai Lettori, sono stati copiosi ma dissimili. Anche se una sensibile maggioranza di voci, sollecitate dall'odierna spinta ecologica e provenienti da comunità e luoghi relativamente isolati, hanno orientato le nostre preferenze verso un prodotto di assoluta attualità: la cellula solare. Con la quale dappertutto si cerca oggi di risolvere, senza provocare inquinamenti, il problema dell'alimentazione elettrica di motori, apparati elettronici, sistemi di illuminazione di case, rifugi, alpeggi, capanni da pesca e dove mancano le linee di distribuzione dell'energia e la natura conserva tuttora la sua originale purezza. Dunque, l'elezione a regalo annuale, ai vecchi e nuovi abbonati, di questo moderno componente optoelettronico, ci consente di credere d'aver esaudito, ancora una volta, le aspirazioni dilettantistiche di molti, se non proprio di tutti e di aver colto nel segno nel prendere una decisione che vuole gratificare una corale richiesta. Che impegnerà certamente tecnici e redattori a pubblicare, mese dopo mese, innumerevoli e suggestivi progetti con l'impiego di una o più cellule fotovoltaiche.

ELETTRONICA PRATICA

Via Zuretti, 52 Milano - Tel. 6697945

ANNO 18 N. 11 - NOVEMBRE 1989

LA COPERTINA - Riproduce i due apparati che, con l'impiego di una cellula fotovoltaica, consentono di trasmettere e ricevere, attraverso i raggi di luce modulati, emessi da due diodi led, ogni tipo di segnali audio.

editrice
ELETTRONICA PRATICA

direttore responsabile
ZEFFERINO DE SANCTIS

disegno tecnico
CORRADO EUGENIO

stampa
TIMEC
ALBAIRATE - MILANO

Distributore esclusivo per l'Italia:
A.&G. Marco - Via Fortezza n. 27 - 20126 Milano tel. 25261
autorizzazione Tribunale Civile di Milano - N. 74 del 29-12-1972 - pubblicità inferiore al 25%.

UNA COPIA L. 4.000

ARRETRATO L. 4.000

I FASCICOLI ARRETRATI DEBBONO ESSERE RICHIESTI ESCLUSIVAMENTE A: ELETTRONICA PRATICA Via Zuretti, 52 - 20125 MILANO

DIREZIONE - AMMINISTRAZIONE - PUBBLICITÀ - VIA ZURETTI 52 - 20125 MILANO.

Sommario

ASCOLTATE ...LA LUCE

Innumerevoli e suggestivi esperimenti con l'impiego di una cellula solare.

Facili conversioni in suono della luce del sole, della luna, della fiamma di una candela.

Sistemi sperimentali di trasmissioni di voci e suoni trasformati in raggi di luce.

L'espressione, con cui abbiamo intitolato l'argomento qui proposto, è alquanto fantasiosa. Anche se non disattende un certo contenuto di verità. Perché la luce è una forma di energia, di natura elettromagnetica, che può essere parzialmente trasformata in energia acustica, onde conoscere la sorgente che l'ha propagata e le interferenze che l'hanno alterata lungo il suo cammino. Per esempio, se ci si mette ad ascoltare la... voce dei raggi luminosi provenienti da una lampada alimentata con la tensione di rete, si può udire per primo, invariabilmente, il ronzio che identifica l'origine di quella luce e che, analizzato nel tempo, rivela presenze di strani rumori, certamente attribuibili ad elettroapparati, che le utenze inseriscono o disinseriscono dalle linee di distribuzione dell'elettricità per usi domestici o industriali. Ma l'organo umano dell'udito, da solo, non può condurre il processo di mutazione energetica, necessario per...origliare fra le più svariate radiazioni che normalmente sensibilizzano i nostri occhi. Occorre invece impiegare, a tale scopo, un particolare dispositivo, come quello presentato e descritto in questa sede, che costituisce il tema centrale e preminente dell'articolo e che, raccogliendo la luce su una cellula fotovoltaica, la trasforma in suono attraverso una cuffia o un altoparlante. Un dispositivo con il quale ogni lettore avrà poi l'opportunità di esercitarsi attraverso una lunga e suggestiva serie di esperimenti. Perché orientando la cellula, che rappresenta l'elemento ricettivo d'entrata di questo "fotoconvertitore", verso lampade al neon, alogene, elettroluminescenti, ad incandescenza, o nella direzione della fiamma del gas, del fiammifero, della candela, si potranno ascoltare rumori diversi, stimolanti, a volte originali. Se poi ci si aiuterà con una lente di forma rettangolare o un paraboloide, come può essere quello derivato da un faro d'auto fuori uso, allora le ...voci giungeranno da molto lontano, addirittura dalla luna piena. Pur ricordando che l'ascolto più eccitante rimarrà sempre quello della luce del sole, con le sue macchie ed esplosioni, attuato nelle differenti ore del giorno, dall'alba al tramonto, in pianura o sulle vette dei monti.

Un commento particolare, prima di entrare nel vivo della materia, va accordato all'esercizio che, più di ogni altro, coinvolgerà l'interesse dei nostri lettori appassionati di elettronica, i quali, dopo aver costruito il "lucericevitore", saranno invitati a realizzare il circuito di un semplicissimo "luce trasmettitore" a diodi led, da collegare con la presa per auricolare di una qualsiasi radiolina, con lo scopo di comporre un sistema di ricezione di segnali audio convertiti in onde, ancora una volta elettromagnetiche, ma in questa occasione appartenenti allo spettro di luce visibile. Le emissioni sonore della radio, dunque, verranno convertite in raggi luminosi, che la cellula fotovoltaica riceverà ed il circuito elettronico connesso trasformerà nuovamente, tramite l'altoparlante, in voci e suoni. E coloro che, in sostituzione dei segnali di bassa frequenza diffusi dalla radio, vorranno inviare nello spazio la propria voce, convertita in raggi di luce, potranno facilmente concretare anche questo programma, servendosi di un amplificatore, come quello inserito nel "fotorivelatore" e di un microfono magnetico dello stesso tipo di quelli in dotazione presso gli operatori CB.

Abbiamo scelto e pubblicato, in questa sede, alcuni dei molteplici esempi di pratiche applicazioni con la cellula solare. Altri ne seguiranno, nei prossimi fascicoli del periodico, per mantenere acceso l'interesse di quanti vogliono operare con il più avvincente dei componenti optoelettronici.

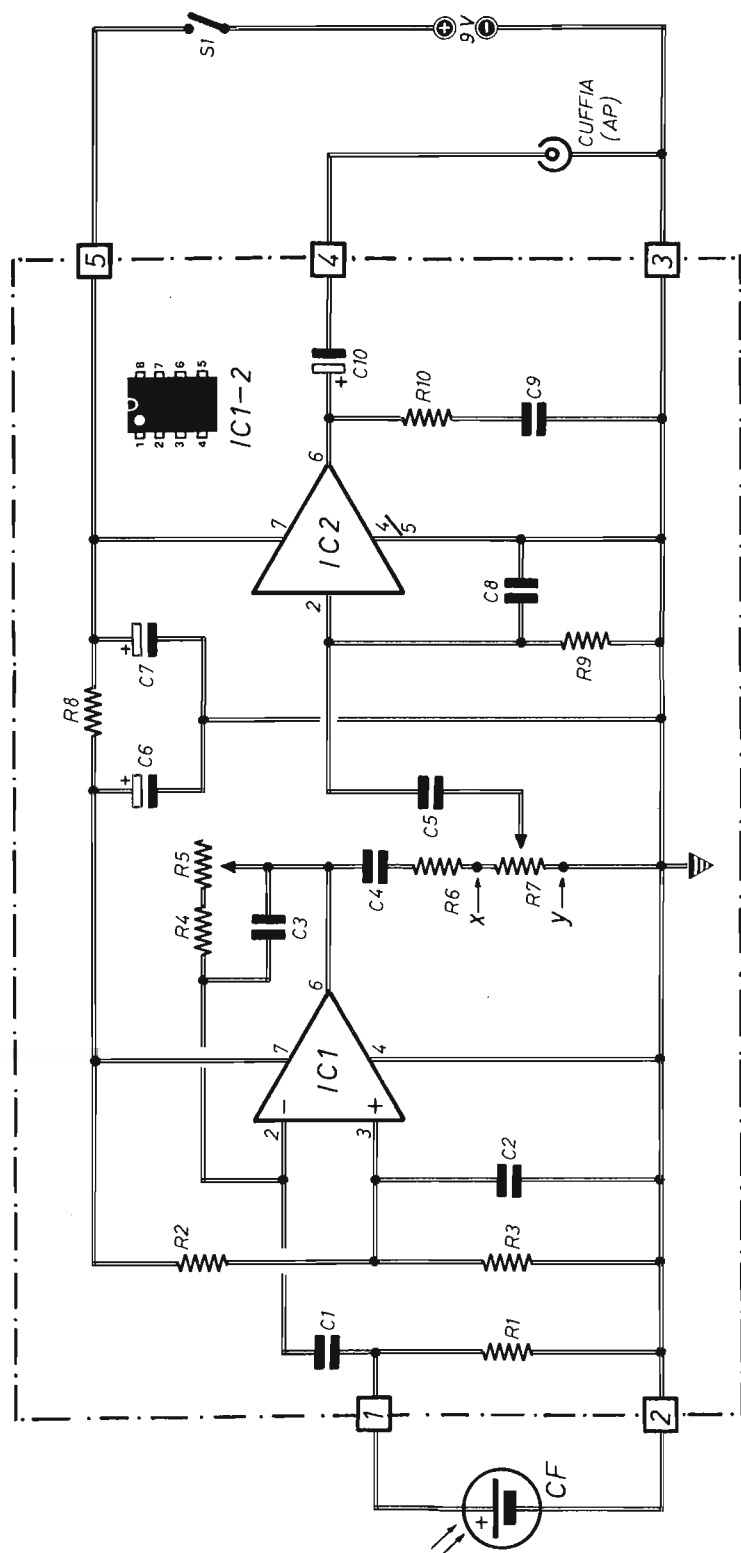



Fig. 1 - Progetto del convertitore di luce in suono. La presa jack di cuffia deve essere di tipo stereo. Le linee tratteggiate racchiudono la parte circuitale che deve essere composta su una basetta-supporto. L'alimentazione è derivata da due pile da 4,5 V collegate in serie, dalle quali il circuito assorbe la corrente di 7 mA, in assenza di segnale e di 20 mA a tutto volume.

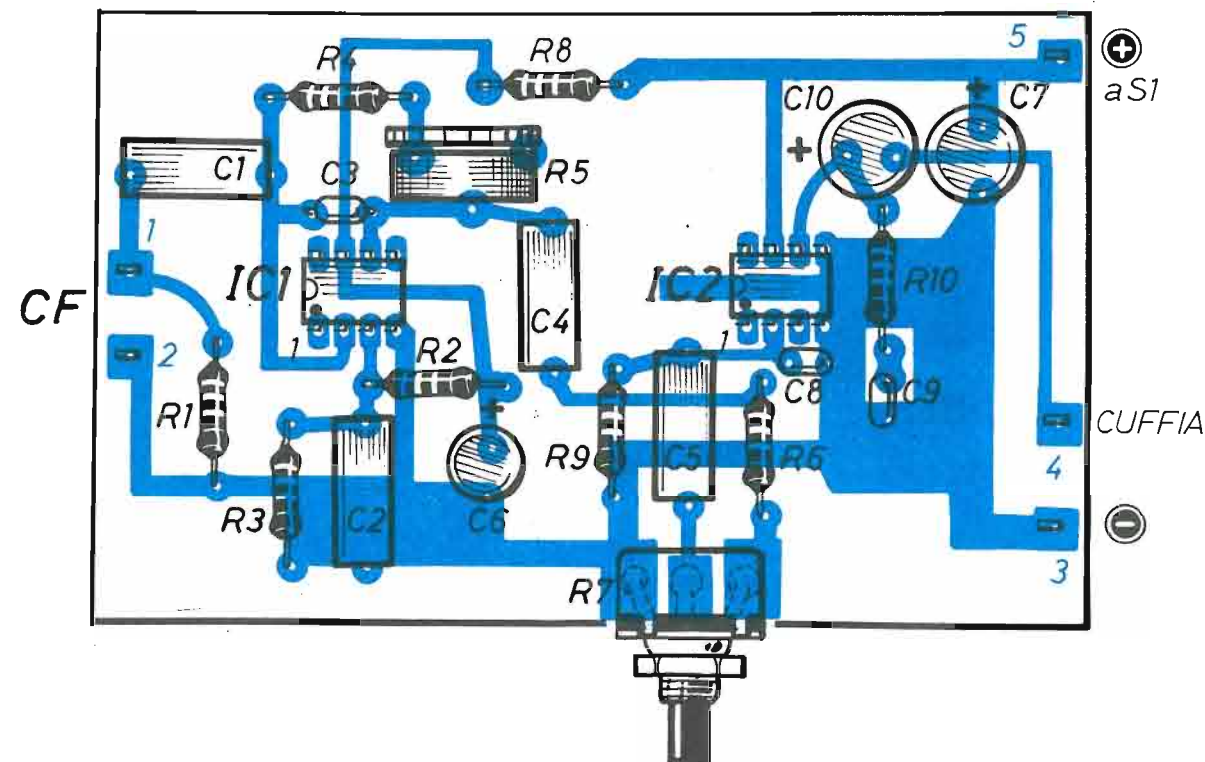



Fig. 2 - Piano costruttivo del modulo elettronico rappresentativo del progetto del convertitore di energia luminosa in energia acustica. L'integrato IC2 deve essere montato direttamente sulle piste di rame del circuito stampato, ovvero senza l'impiego dello zoccolo interposto, soltanto nel caso in cui il componente dovesse riscaldare troppo.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 1 µF (non polarizz.)
C2 = 1 µF (non polarizz.)
C3 = 1.000 pF (ceramico)
C4 = 1 µF (non polarizz.)
C5 = 1 µF (non polarizz.)
C6 = 22 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C7 = 220 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C8 = 10.000 pF (ceramico)
C9 = 100.000 pF (ceramico)
C10 = 220 µF - 16 Vl (elettrolitico)

Resistenze

R1 = 330 ohm
R2 = 33.000 ohm
R3 = 33.000 ohm
R4 = 330 ohm
R5 = 220.000 ohm (trimmer)
R6 = 10.000 ohm
R7 = 22.000 ohm (potenz. lin.)
R8 = 150 ohm
R9 = 33.000 ohm
R10 = 2,2 ohm

N.B. Tutte le resistenze sono da 1/2 W.

Varie

IC1 = TL071 (integrato)
IC2 = LM380 (integrato)
CF = Cellula Fotovoltaica
S1 = interrutt.
CUFFIA = 16 ohm ÷ 40 ohm
ALIM. = 9 Vcc

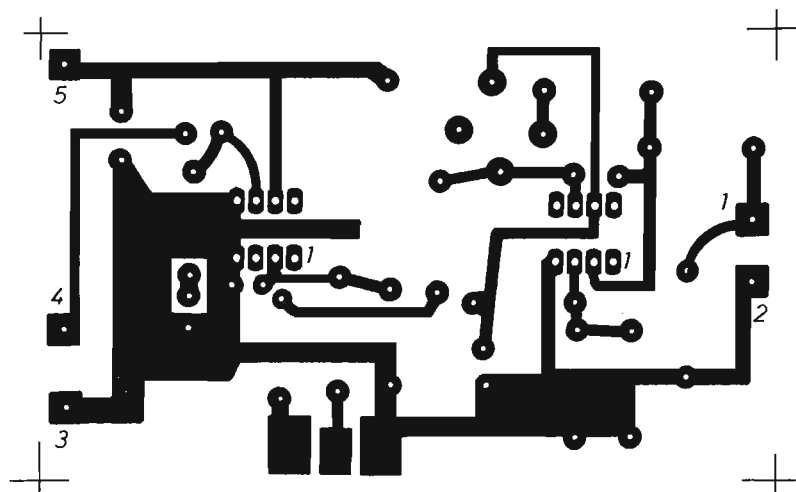



Fig. 3 - Disegno in grandezza reale del circuito stampato necessario per la realizzazione del modulo elettronico del convertitore di energia.

PROGETTO DEL FOTORIVELATORE

Il circuito, in grado di trasformare i raggi luminosi in segnali di bassa frequenza audio, è quello presentato in figura 1.
La cellula fotovoltaica CF, che può essere di ogni tipo, ma che nel progetto è la stessa inviata in dono agli abbonati ed è pure acquistabile presso la ditta che la pubblicizza nelle pagine del periodico, genera un segnale elettrico la cui intensità varia col variare della luminosità che la colpisce, con variazioni che possono succedersi ad una frequenza elevata, in misura tale da occupare tutta la banda audio. Al contrario di quanto avviene nell'occhio umano, che non può percepire variazioni rapide del flusso luminoso, a causa del fenomeno della persistenza delle immagini sulla retina. Che consente, d'altra parte, di apprezzare lo spettacolo cinematografico in cui i fotogrammi scorrono alla frequenza di una ventina di unità al secondo.
Il segnale di bassa frequenza viene applicato, attraverso il condensatore C1, all'entrata (piedino 2) dell'integrato IC1, che è un operazionale a FET della serie TL a basso rumore.
L'entità del processo di amplificazione viene controllata con il trimmer R5, che per nessun motivo deve essere sostituito con un potenziometro e che va regolato, una volta per tutte, per la migliore sensibilità desiderata.
Il condensatore C3 funge da elemento di controreazione per le frequenze più alte e riduce, in misura notevole, l'inevitabile soffio che accompagna il lavoro di amplificazione svolto dall'integrato IC1.
L'entità del segnale uscente dall'integrato amplificatore TL071 viene controllata per mezzo del trimmer R5, che non deve per alcun motivo essere sostituito con un potenziometro e che va regolato, una volta per tutte, per la migliore sensibilità.
Il potenziometro R7 regola il livello dell'audio in cuffia o in altoparlante e rappresenta, quindi, il controllo manuale di volume del sistema di conversione luce-suono.
L'integrato IC2, per il quale si fa uso del modello LM 380 a otto piedini, amplifica ulteriormente il segnale di bassa frequenza, per esibirlo infine ad un carico di bassa impedenza, come può essere una cuffia ad alta fedeltà da 16÷40 ohm.
Senza indugiare ulteriormente sull'analisi del comportamento circuitale dello schema di figura 1, giunti a questo punto vogliamo affidare alla fantasia del lettore ogni possibilità di sperimentazione con il dispositivo, per dar libero corso a quelle prove che le idee meno pensabili potranno suggerire. on prima, tuttavia, di aver ricordato che, in virtù delle elevate amplificazioni del circuito, ogni ascolto sarà sempre accompagnato da un soffio continuo di fondo. Si pensi, infatti, che il primo integrato IC1 amplifica in rispetto della ben nota formula:

Amplif. = Rc : Rin

ella quale Rc identifica la resistenza di controreazione ed è stabilita da R4 + R5 = 330 ohm + 220.000 ohm = 220.330 ohm, mentre Rin costituisce la resistenza d'ingresso, che è molto bassa e vale appena 100 ohm. Dunque, applicando la formula citata, l'amplificazione sviluppata dall'integrato IC1, vale:

220.330 : 100 = 220,33 volte

Che non è ancora tutta, perché a questa va aggiunta l'amplificazione esercitata dal secondo integrato IC2, che può essere di 30 volte e per cui quella totale diventa:

220,33 x 30 = 6.609,90 !

L'ascolto avviene in cuffia, come abbiamo detto, ma questa può anche essere sostituita con un altoparlante o un registratore magnetico o a nastro, per utilizzare i suoni come effetti audio speciali.

MONTAGGIO DELL'APPARATO

Per realizzare il montaggio del dispositivo che trasforma l'energia luminosa in quella acustica, occorre dapprima approntare una basetta di materiale isolante, di bachelite o vetronite, di forma rettangolare, delle dimensioni di 10 cm x 6 cm, cui affidare la funzione di elemento di supporto. Poi, su una delle due facce di questa, si compone il circuito stampato, il cui disegno è pubblicato in figura 3 in grandezza naturale. Quindi, se la basetta sarà stata opportunamente forata, si inseriscono tutti i componenti elettronici secondo quanto illustrato nel piano costruttivo di figura 2.
Ricordando che i due circuiti integrati IC1 e IC2 debbono essere innestati, per ultimi, sugli appositi zoccoletti a otto piedini.
Soltanto a cablaggio ultimato, il modulo elettronico di figura 2 va inserito in un contenitore di alluminio, facendo bene attenzione che, fra circuito e scatola metallica, non debbano formarsi falsi contatti. Perché il metallo del contenitore si identifica con la linea di massa del circuito, con il quale mantiene il contatto attraverso la carcassa del potenziometro R7.
Sulle parti esterne del contenitore, dunque, saranno presenti: la manopola di comando del potenziometro R7, l'interruttore di alimentazione

Fig. 4 - Negli esperimenti di conversione in suoni dei raggi di luce provenienti dalle grandi distanze (sole, luna, fari marittimi, ecc.), la cellula solare deve essere sistemata nel fuoco di un paraboloide.

S1, la presa di tipo jack per cuffia stereo e i conduttori che raggiungono la cellula fotovoltaica, che dovranno essere di due colori, rosso per il conduttore positivo, quello collegato fra il terminale 1 del circuito stampato e la presa di CF contrassegnata con il segno + e nero l'altro, ovvero

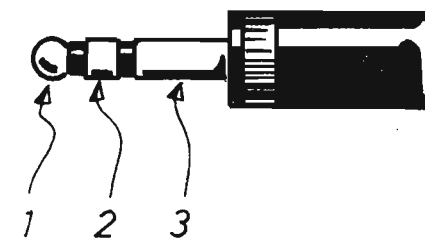



Fig. 5 - La cuffia stereo, che deve essere applicata all'uscita del progetto di figura 1, è dotata di uno spinotto jack di questo tipo, la cui numerazione è stata qui segnalata per facilitare l'interpretazione del collegamento descritto nel testo.

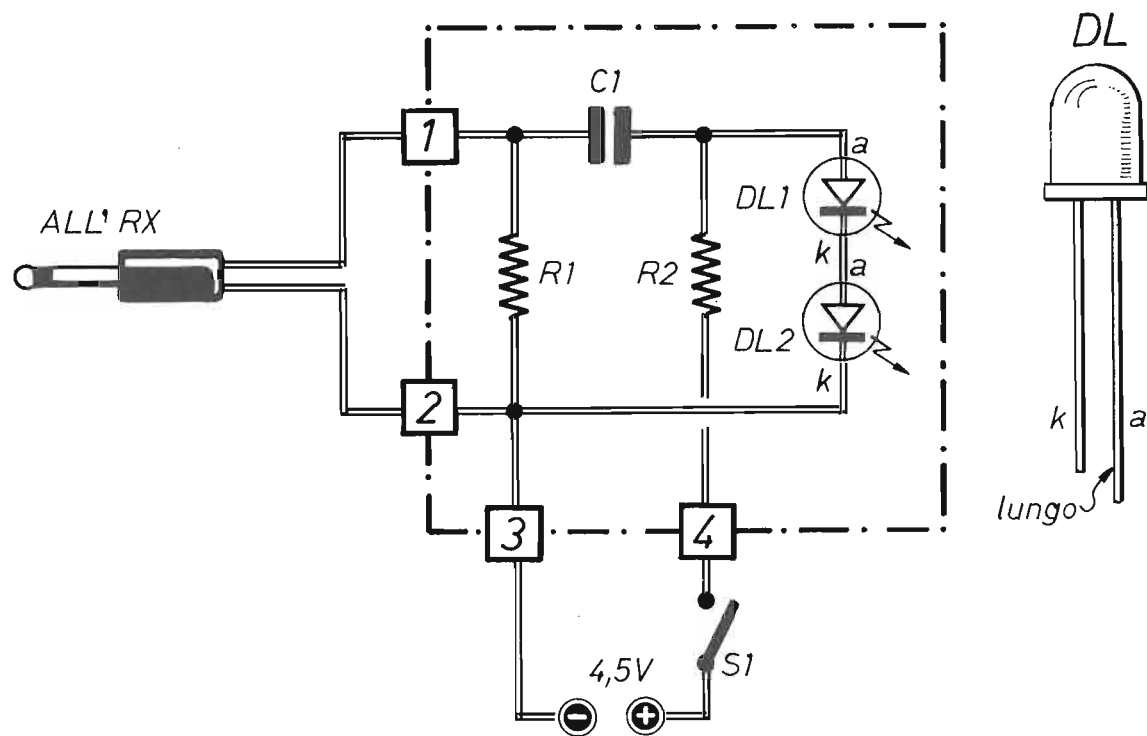



Fig. 6 - Schema teorico del "lucetrasmettitore" che, tramite la spina jack, va collegato con la presa per auricolare di qualsivoglia radioricevitore, onde convertire i segnali audio di bassa frequenza in altri di natura luminosa, emessi da due big-led.

COMPONENTI

C1	**= 2 µF (non polarizz.)**	**DL1**	**= BIG-LED**
R1	**= 18 ohm - 1/2 W**	**DL2**	**= BIG-LED**
R2	**= 180 ohm - 1/2 W**	**S1**	**= interrutt.**
		ALIM.	**= 4,5 Vcc (pila)**

quello che unisce tra loro il terminale 2 del circuito con il morsetto della cellula che reca il segno —.
L'alimentazione si ottiene derivando la tensione di 9 Vcc da due pile piatte, da 4,5 V ciascuna, collegate in serie tra loro. Perché il consumo di corrente è basso, di 7 mA in assenza di segnale e di 18 ÷ 20 mA con il potenziometro di volume R7 tutto regolato sui valori massimi. Ma il consumo di energia dipende in parte anche dal modello di cuffia di cui si fa impiego e dal modo con cui si tara, una volta per tutte e ad orecchio, il trimmer R5, tenendo conto che non sempre con la massima amplificazione, raggiungibile quando tutta la resistenza del trimmer è inserita, come desumibile dalla formula riportata in precedenza, si raggiungono i migliori risultati. Dunque, la taratura di R5 è un'operazione che ogni lettore potrà eseguire assecondando le personali esigenze in materia di audioriproduzione.
È ovvio che le due pile piatte, che compongono l'alimentatore dell'apparato, troveranno posto dentro lo stesso contenitore metallico in cui è inserito il modulo elettronico. Sempre che le di-

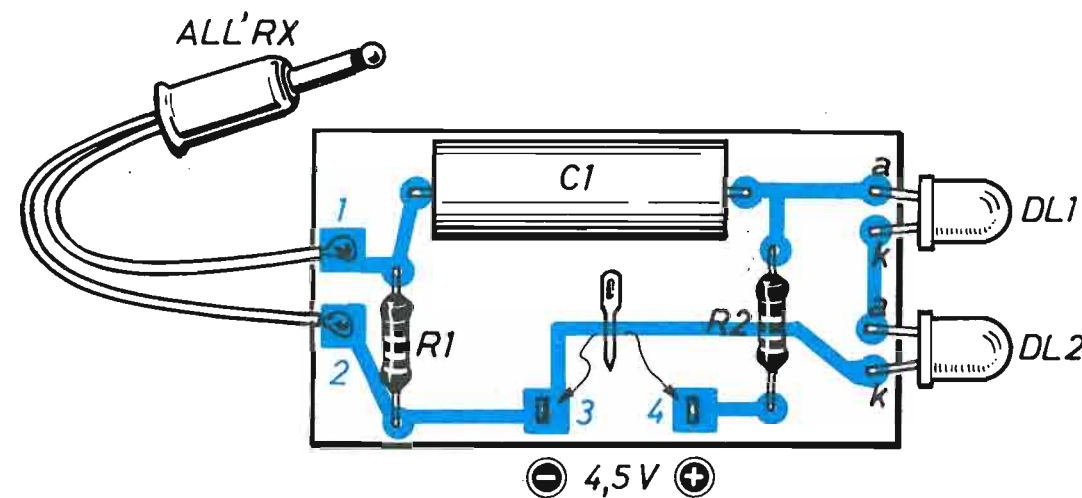



Fig. 7 - Schema costruttivo dell'apparecchio di conversione dei segnali audio in raggi di luce modulati emessi da due componenti optoelettronici (DL1 - DL2).

mensioni della scatola siano tali da consentire lo spazio necessario.
È stato detto che la presa per cuffia, che costituisce l'elemento di uscita del circuito di figura 2 e che deve comparire su una delle parti esterne del contenitore metallico, è di tipo jack. Ora aggiungiamo che questa deve essere unicamente adatta per cuffie stereofoniche. on si possono quindi utilizzare le prese jack per auricolari, normalmente montate sulle radioline. Dato che un errore, in tal senso, può provocare la distruzione dell'integrato IC2.
La cuffia stereo è dotata di tre terminali, quelli segnalati con i numeri 1 - 2 - 3 nel disegno di figura 5, che rappresenta lo spinotto jack cui i terminali menzionati fanno capo. Ebbene, servendosi del terminale 3 come elemento di massa, si dovranno collegare in parallelo tra loro i rimanenti terminali 1 e 2, con il risultato che i due padiglioni della cuffia rimarranno a loro volta collegati in parallelo. Se invece si utilizzano i soli elementi 1 e 2, allora si renderà necessario un perfetto isolamento da massa del terminale 3, che fa contatto con la ghiera di fissaggio. el primo tipo di collegamento il circuito assorbe una maggiore corrente, essendo più bassa l'impedenza di carico

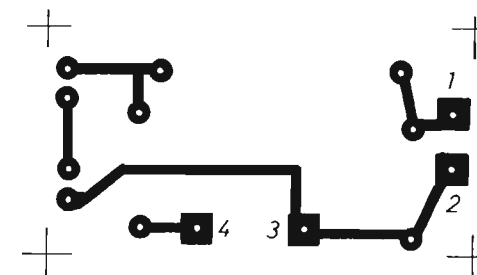



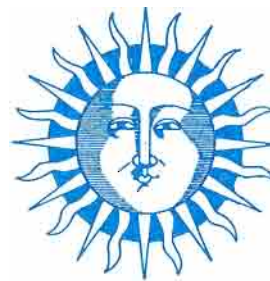
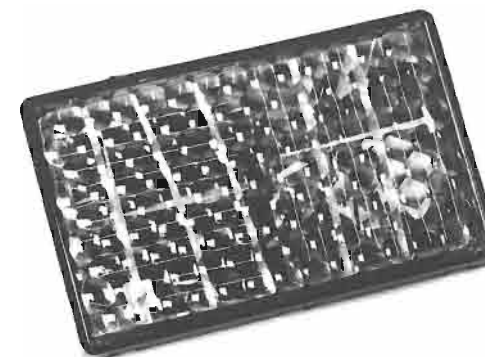
Fig. 8 - Disegno in grandezza naturale del circuito stampato da riprodurre in una delle due facce di una basetta-supporto, di forma rettangolare delle dimensioni di 5,5 cm x 3 cm, necessaria per la costruzione del dispositivo "lucetrasmettitore".

Fig. 9 - Un tecnico elettronico provvede alla messa a punto di un moderno apparato fotoricevitore a cellule solari.

d'uscita dell'integrato IC2, nel secondo sistema di collegamento la corrente assorbita risulterà chiaramente inferiore.
Concludiamo questa parte descrittiva del montaggio del progetto di figura 1, ricordando che questo riveste principalmente un carattere sperimentale e che può quindi assoggettarsi ad alcune modifiche. Per esempio, il valore della resistenza R6, prescritto nella misura di 10.000 ohm, può essere ridotto, con lo scopo di aumentare la corrente in uscita. Anche la resistenza di 220.000 ohm, del trimmer R5, può essere elevata per raggiungere una maggiore sensibilità.
Coloro che volessero trasformare questo convertitore di energia in un sensibile ultrapreamplificatore di bassa frequenza, da utilizzare per l'intercettazione di segnali audio provenienti da lontano, come i versi degli animali, i canti degli uccelli o i movimenti sospetti di persone nascoste, dovranno eliminare dal circuito la resistenza R1 e sostituire la cellula fotovoltaica CF con un microfono direzionale, inserito dentro un tubo o nel fuoco di un paraboloide, come indicato in figura 4, ed orientando il tutto verso la sorgente acustica che si vuol ascoltare.
Qualora in fase di collaudo del convertitore di energia, a causa di collegamenti esterni o interni al contenitore troppo lunghi, si dovessero riscontrare delle oscillazioni da parte dei due integrati, sarà facile eliminarle collegando, fra i piedini 7 e 4 di IC1 e IC2, dei condensatori ceramici da 100.000 pF. Se poi, dopo aver montato entrambi gli integrati su due zoccoletti, come prescritto in precedenza, ci si dovesse accorgere che sopra IC2 non è possibile tenere fissato il dito di una mano per eccesso di calore generato, e ciò potrebbe accadere in occasione di impieghi prolungati del dispositivo e al massimo volume, allora si consiglia di eliminare il corrispondente zoccoletto e saldare i piedini del componente direttamente sulle piste del circuito stampato, con lo scopo di favorire la dissipazione di calore attraverso i piedini 4 - 5 e la sottostante, ampia pista di rame, cui si attribuisce la funzione di elemento radiante dell'energia termica.

IL TRASMETTITORE OTTICO

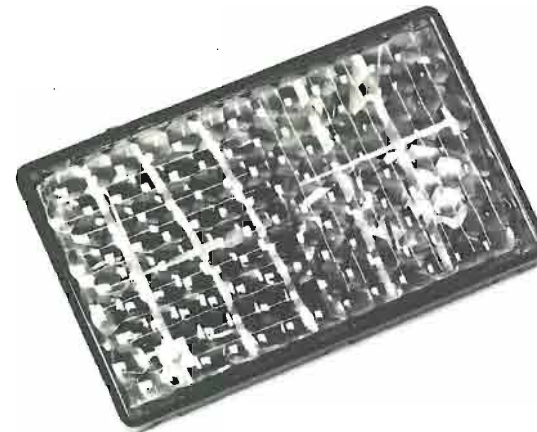
Come già annunciato all'inizio dell'articolo, il convertitore di energia luminosa in energia acustica può comporre un sistema di ricezione, a distanza, dell'audio di un qualsiasi apparecchio radio. Purché a quest'ultimo venga applicato, sulla presa jack per auricolare, un semplicissimo trasmettitore ottico, in grado di trasformare il suono emesso dal radioricevitore in raggi di luce opportunamente modulati. E ciò si ottiene realizzando

il progetto riportato in figura 6. Nel quale i due BIG-LED, vale a dire i due led DL1 e DL2 di grosse dimensioni, attualmente reperibilissimi in commercio, vengono alimentati da una pila da 4,5 V senza spegnersi mai, finché l'interruttore S1 rimane chiuso. Mentre la luce emessa viene impercettibilmente modulata dai segnali di bassa frequenza in uscita dalla radio. Più esattamente, l'accensione di DL1 e DL2 avviene tramite le due resistenze R1 ed R2, che costituiscono pure il carico d'uscita per il radioricevitore. I cui segnali di bassa frequenza raggiungono, tramite il condensatore C1, i due led, per modularne la luminosità con la voce della radio e trasformare quindi il suono in energia luminosa. Contrariamente a quanto avviene nel progetto di figura 1, nel quale l'energia luminosa viene convertita in energia acustica.
La realizzazione del progetto di figura 6 si ottiene secondo quanto illustrato nel piano costruttivo pubblicato in figura 7, dopo aver approntato la basetta-supporto, di forma rettangolare, delle dimensioni di 5,5 cm x 3 cm e non prima di aver composto, su una delle due facce di questa, il circuito stampato, il cui disegno in grandezza reale è presentato in figura 8.
Con questo originale sistema di ricetrasmissione, si possono effettuare collegamenti sino ad alcuni metri di distanza. Ma la portata dovrà essere aumentata elevando il volume della radio lentamente, per esaltare, in misura sensibile, le variazioni dell'alta luminosità dei due BIG-LED. Ed aumenterà ancora se i due componenti optoelettronici verranno inseriti nel riflettore di una torcia portatile, oppure elevando a quattro il numero dei led ed alimentadoli con la tensione di 9 V, anziché con quella di 4,5 V, dopo averli ovviamente collegati in serie tra di loro.
Concludiamo ricordando che il processo di ricetrasmissione, ora suggerito, riveste un carattere puramente sperimentale e di semplice curiosità, certamente non adattabile ad impieghi di uso comune. Anche perché deve necessariamente svilupparsi in ambienti privi di qualsiasi sorgente di luce diversa da quella dei diodi.
Volendo trasmettere la propria voce, anziché quella della radio, l'entrata 1-2 del progetto di figura 6 deve essere collegata con l'uscita di un amplificatore audio pilotato con un microfono di tipo magnetico per uso CB. E l'amplificatore che bene si adatta a questo scopo può essere quello rappresentato dalla sezione di destra del progetto di figura 1, a partire dai punti circuitali contrassegnati con le lettere X - Y.

CELLULE FOTOVOLTAICHE

Due sono i motivi fondamentali che ci obbligano ad occupare alcune pagine del periodico con la descrizione delle cellule fotovoltaiche, comunemente note come cellule solari. Il primo è da attribuirsi alla presentazione mensile, a partire da questo numero di Elettronica Pratica, di un progetto che impiega una o più cellule di tale tipo e che ci imporrebbe, di volta in volta, la ripetizione di concetti che, invece, vogliamo raccogliere ed esporre, tutti, in un solo articolo. Il secondo vuol essere una doverosa ed esauriente interpretazione del regalo che, dal mese in corso, viene inviato ad ogni abbonato, vecchio o nuovo, a questa pubblicazione. A condizione che la nuova sottoscrizione o il rinnovo siano avvenuti nei tempi prescritti. Ma tralasciamo ogni ulteriore informazione di carattere amministrativo, per rinviare il lettore alla pagina antistante a quella del sommario, in cui sono dettagliati canoni e modalità di abbonamento e per entrare decisamente nel merito del tema proposto che, come molti avranno già intuito, appartiene al settore dell'optoelettronica, ovvero dell'ottica elettronica, nella quale si studiano quegli effetti che stanno alla base di tante applicazioni tecniche e che alcuni conosceranno in parte per aver operato con fotoresistenze, interferometri, diodi laser, diodi led, fibre ottiche, calcolatori ottici ed altro ancora. Anche se, in questa sede, ci occuperemo soltanto dell'effetto fotovoltaico e, più precisamente, della sua applicazione alle omonime cellule.

EFFETTO FOTOVOLTAICO

Tale effetto, veramente affascinante, si identifica nella conversione di un tipo di energia in un altro. Ossia nella trasformazione della luce in energia elettrica. Analogamente a quanto individuato da Alessandro Volta attraverso l'effetto termico, per il quale, riscaldando la giunzione di due metalli di natura diversa, sui terminali liberi di questi veniva a generarsi una differenza di potenziale, con l'evidente risultato di una mutazione di energia da termica ad elettrica.

La conoscenza precisa e completa della cellula solare è assolutamente necessaria a quei lettori abbonati che la riceveranno in dono. Perché con questa saranno invitati a realizzare, mensilmente, una serie di originali ed interessanti progetti.

Effetto elettronico

Conversione energetica

Materiali d'impiego

Elementi riciclabili

Strutture interne

Collegamenti

Anche l'effetto fotovoltaico sfrutta una giunzione, quella di due semiconduttori, di cui uno di tipo N, l'altro di tipo P. Che è poi la stessa giunzione utilizzata nella realizzazione dei diodi, dei transistor e dei circuiti integrati e che, nel venire colpita dalla luce, dà origine ad una differenza di potenziale, che è proporzionale al numero di fotoni che raggiungono la zona in cui le due superfici dei semiconduttori si congiungono e che viene chiamata "depletion region".

Praticamente, tutti i diodi ed i transistor bipolari, dotati di due giunzioni e che possono essere immaginati come due diodi collegati in "antiserie", quando sono investiti dalla luce possono generare la tensione fotovoltaica. Per tale motivo, infatti, allo scopo di impedire che la luce possa raggiungere le giunzioni ed alterare il corretto funzionamento dei semiconduttori, l'industria provvede ad inserirli in custodie opache, assolutamente inaccessibili alla luce artificiale o naturale che sia.

I lettori più esperti, coloro che vantano numerosi anni di pratica con l'elettronica, non possono dimenticare i tempi in cui, in presenza di forti illuminazioni, quando i diodi venivano costruiti in custodie di vetro, leggermente verniciato in nero, molti apparati accusavano anomalie di funzionamento soltanto perché la vernice era scomparsa, sollevando veri e propri rompicapi fra i tecnici d'allora. Oggi, però, il processo fisico è stato ampiamente individuato e sfruttato in numerose, moderne applicazioni elettroniche e lo stesso lettore principiante può rendersene conto, sperimentando il fenomeno con un diodo al germanio o led nel modo suggerito in figura 1. Anche se l'energia prodotta è minima e la corrente segnalata dallo strumento è irrisoria, dell'ordine di alcuni microampere. Ma se la tensione generata dalla giunzione è debole, ciò è da attribuirsi principalmente alla ridottissima area di questa, la cui funzione è diversa da quella della promozione dell'effetto fotovoltaico. Tuttavia, quando una giunzione viene appositamente costruita per un'ampia esposizione alla luce, allora la tensione può raggiungere il valore di 0,5 V ed anche 0,9 V, a seconda dei materiali componenti e della estensione superficiale, che si misura in centimetri quadrati. Dunque, nel rispetto di queste condizioni, l'industria ha prodotto e produce degli elementi, chiamati appunto cellule fotovoltaiche, dalle quali si possono derivare quantità di energia elettrica sufficienti ad alimentare piccoli apparati elettrici ed elettronici. Se poi questi componenti vengono opportunamente collegati in

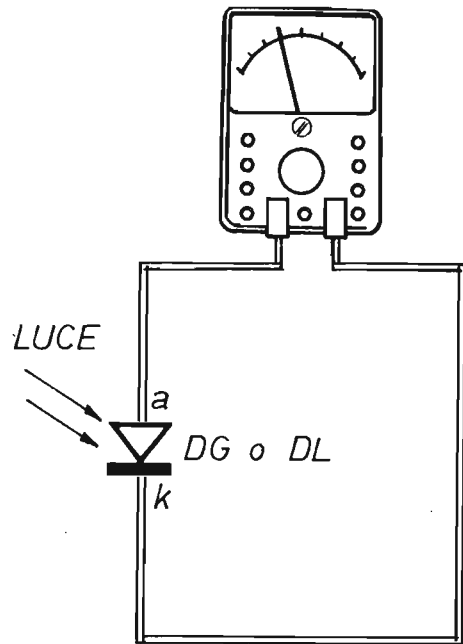
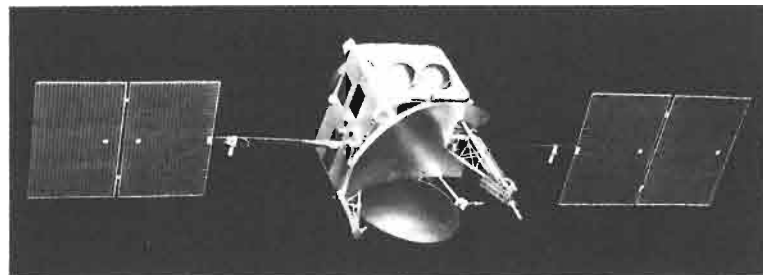



Fig. 1 - Qualsiasi diodo al germanio o led, purché realizzato in contenitore di materiale trasparente, quando viene colpito dalla luce promuove l'effetto fotovoltaico, che avvia una debolissima corrente, dell'ordine di alcuni microampere, nel circuito chiuso attraverso un tester commutato nella funzione amperometrica e nella scala dei valori più bassi.

gran numero fra loro, come verrà detto più avanti, allora le tensioni e le correnti vengono considerevolmente esaltate, al punto di alimentare apparecchiature di bordo e motori di mezzi mobili, su natanti, autovetture, satelliti spaziali ed astronavi (figura 2).

CONVERSIONE ENERGETICA

Soltanto per chi volesse approfondire ulteriormente il meccanismo della conversione energetica, aggiungiamo, qui di seguito, alcune nozioni relative alla fisica del fenomeno fotovoltaico ed al suo rendimento, in ordine pure agli sviluppi tecnologici industriali nel tempo in varie zone mondiali.

Con riferimento alle più moderne teorie elettroniche, si suole affermare che, quando un fotone colpisce la regione in cui è realizzata la giunzione fra due semiconduttori, questo ha buone probabilità di urtare contro un elettrone orbitante attorno al nucleo dell'atomo di cui è composto il materiale. Una moltitudine di fotoni, dunque, provoca, senza ombra di dubbio, un grande scompiglio fra gli elettroni degli atomi, estraendoli dalle loro orbite e rendendoli quindi liberi. Analogamente a quanto avviene nel gioco del biliardo, nel quale una palla lanciata in mezzo ad un gruppo di bilie si arresta per mettere in movimento alcune di queste. Cedendo, ovviamente, la propria energia meccanica, così come il fotone, nel liberare l'elettrone, cede a questo il proprio contenuto energetico.

Gli elettroni, poi, che sono cariche elettriche negative, contribuiscono ad un aumento del potenziale negativo della zona N della giunzione, creando contemporaneamente un eccesso di "vuoti", ovvero di cariche elettriche positive, che vanno ad aumentare il potenziale elettrico positivo della zona P. Ora, se si applica una resistenza di valore estremamente basso, ovvero un carico elettrico tra la zona N e la zona P, le cariche si mettono in movimento, dando luogo alla formazione di una corrente, il cui flusso cede evidentemente l'energia ricevuta dalla luce.

Il rendimento energetico del fenomeno analizzato dipende in gran parte dalla natura dei materiali impiegati e, con quelli attualmente più diffu-

Fig. 2 - Le apparecchiature di bordo, dei satelliti artificiali e delle astronavi, vengono alimentate con grandi pannelli, che espongono alla luce del sole un'imponente quantità di cellule fotovoltaiche opportunamente collegate fra loro.

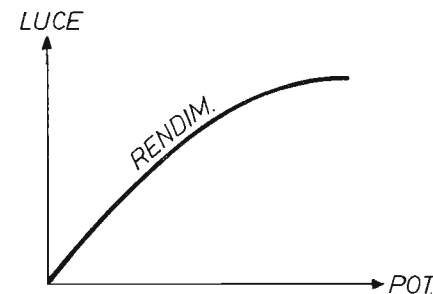



Fig. 3 - Il rendimento della cellula fotovoltaica aumenta coll'aumentare della quantità di luce cui rimane esposta. Conseguentemente aumenta la potenza elettrica (POT.) derivabile dal componente.

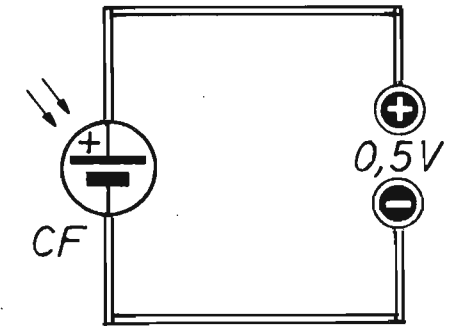



Fig. 4 - La cellula fotovoltaica, il cui simbolo elettrico è riportato sulla sinistra di questo semplice circuito, quando rimane investita dai raggi di luce, si comporta come una piccola pila che, sui terminali positivo e negativo, presenta una tensione di 0,5 V circa.

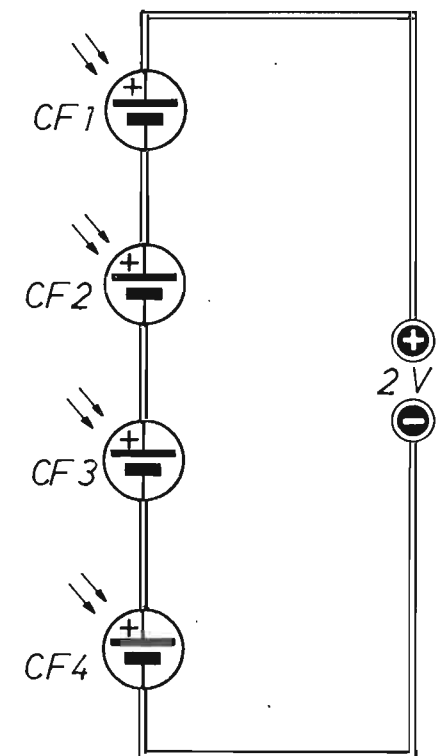



Fig. 5 - Le tensioni derivanti dalle cellule fotovoltaiche possono essere facilmente aumentate, se si compone un collegamento di più elementi in serie, come indicato in questo schema, nel quale la tensione risultante è di 2 V (0,5 x 4 = 2 V).

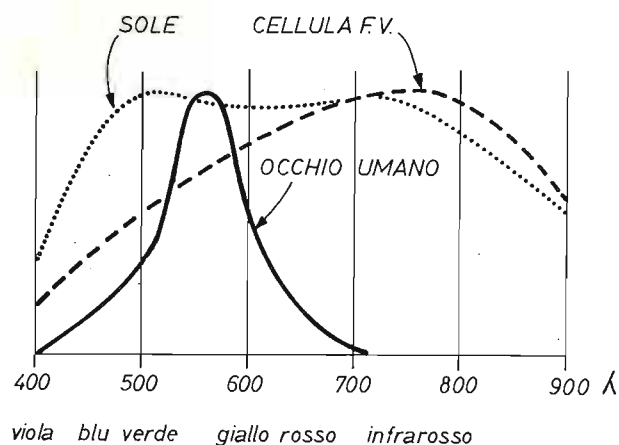



Fig. 6 - La cellula fotovoltaica rivela la sua piena efficienza in corrispondenza delle frequenze di luce comprese nella zona dell'infrarosso. A differenza dell'occhio umano, che subisce le maggiori sensibilizzazioni fra le radiazioni verdi e quelle gialle.

si, può raggiungere anche il 20%. Tuttavia, le inevitabili limitazioni pratiche, di ordine tecnico ed economico, abbassano questo valore al 10%, sempre che l'illuminazione della giunzione avvenga in condizioni atmosferiche ottimali, ovvero in pieno sole e con i raggi incidenti perpendicolari. Perché con illuminazioni di intensità inferiore, il rendimento diminuisce ulteriormente (figura 3).
Concludendo, l'effetto fotovoltaico, visto sotto l'aspetto ecologico, è sempre stato considerato molto interessante. Sia perché il sole è una sorgente di energia inesauribile, che a sentire gli scienziati dovrebbe rimanere integra per alcuni milioni di anni ancora, sia perché non è inquinante.

Fig. 7 - I collegamenti di tipo in parallelo, di più cellule fotovoltaiche, si realizzano quando i circuiti utilizzatori assorbono correnti di intensità relativamente elevata. In questo esempio, la corrente totale si identifica con il prodotto per tre delle singole correnti erogate da ciascuna cellula.

MATERIALI IMPIEGATI

Una decina di anni fa, quando i rubinetti del petrolio sembravano doversi chiudere o rimanere monopolio esclusivo di pochi paesi arabi, dovunque furono incoraggiati gli investimenti per finanziare le opere di ricerca di materiali purissimi ed economici, con cui realizzare le cellule fotovoltaiche. Ma poi si convenne che i materiali molto puri, dotati di una struttura cristallina pressoché perfetta, pur rivelandosi i migliori per la composizione delle cellule fotovoltaiche su scala industriale, venivano a costare troppo. Basti pensare che, in base a calcoli molto attendibili, risultò subito come l'energia erogata da simili cristalli, non ripagava, in tutto il tempo della loro efficienza attiva, la spesa necessaria per costruirli. Ecco perché si dovette ripiegare sulla realizzazione di cristalli artificiali meno nobili e perfetti di quelli impiegati attualmente nei circuiti integrati, ma certamente più economici e semplici da produrre in grandi quantità.
Inizialmente, gli interessi tecnologici furono indirizzati verso il silicio metallurgico e quello policristallino, quindi fu preso in considerazione il solfuro di cadmio ed altro ancora, per abbinare il tutto a strutture complesse come le eterogiunzioni e le giunzioni a barriera Schottky, che lasciavano intravedere serie possibilità industriali di costruzione di centrali fotoelettriche, da molti megawatt e costi relativamente contenuti. Successivamente, però, una volta cessato l'allarme sui prezzi e le disponibilità di petrolio, le ricerche subirono una battuta d'arresto e le centrali rimasero nel regno dei programmi incompiuti, mentre le cellule fotovoltaiche trovarono pratica applicazione in talune parti del mondo molto soleggiate, ma prive di altre risorse tecnologiche. Mentre svolgono tuttora il loro servizio di piccole e grandi sorgenti di energia elettrica negli orologi, nelle calcolatrici, nelle radioline e nei veicoli spaziali, ma rimangono ancora allo stato sperimentale le automobili mosse da motori elettrici alimentati da cellule fotovoltaiche.

MATERIALI RICICLABILI

Le cellule fotovoltaiche più note nel mondo dilettantistico, quelle attualmente reperibili sul mercato della componentistica al dettaglio, escono dall'industria produttrice di circuiti integrati e rappresentano l'insieme, opportunamente ordinato e connesso, di un certo numero di parti di silicio ritenute non idonee, a causa di lievi difetti nella struttura cristallina, alla costruzione dei più sofisticati semiconduttori.
A volte si tratta di fette di silicio, destinate alla realizzazione di cellule per elevate prestazioni tecnologiche, come ad esempio quelle spaziali, alterate da alcune irregolarità. Ma entrambi i tipi di silicio sono perfettamente riciclabili nella com-

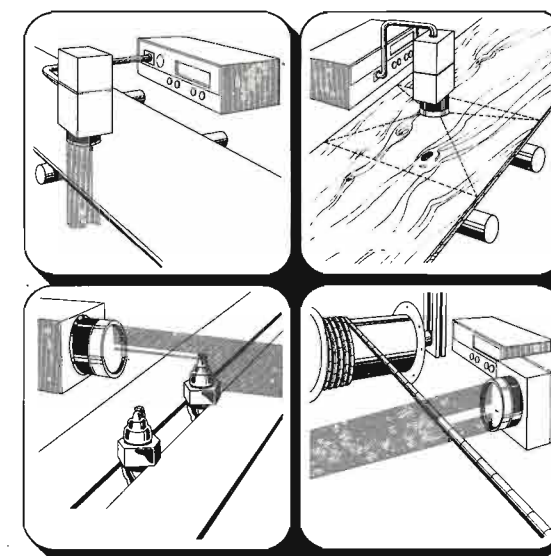



Fig. 8 - Con le cellule fotovoltaiche di tipo comune, attualmente in commercio, si realizzano i più svariati sistemi elettronici di controllo nell'ambito delle lavorazioni industriali.

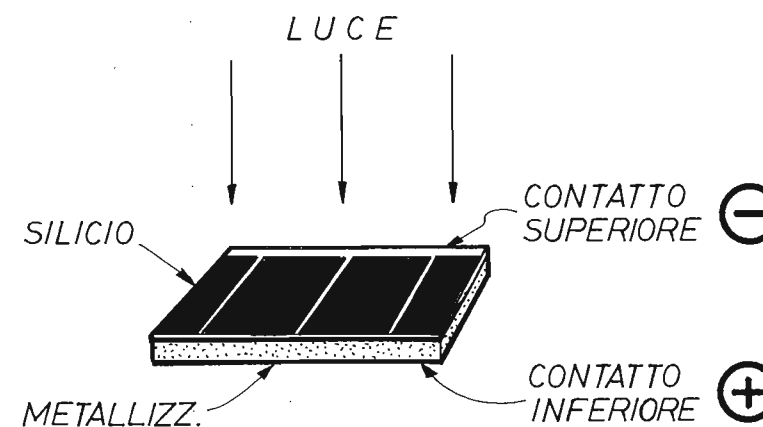



Fig. 9 - Composizione comune ed elementare di un elemento di cellula fotovoltaica. Il contatto superiore identifica il morsetto negativo del componente, quello inferiore corrisponde al polo positivo del generatore di tensione.

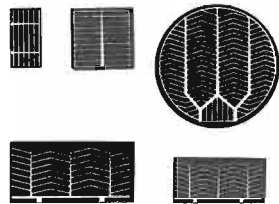



Fig. 10 - Vari esempi di parti sensibili di cellule fotovoltaiche, realizzate in forme e grandezze diverse ed attualmente reperibili sul mercato della componentistica elettronica.

posizione di cellule di dimensioni inferiori, perfettamente affidabili ed efficienti. E l'energia che se ne può trarre appare sufficiente in molte applicazioni semplici e comuni.

COLLEGAMENTI SERIE-PARALLELO

Da quanto finora detto, è lecito ora assimilare la cellula fotovoltaica ad un generatore di tensione, normalmente di 0,5 V, come indicato in figura 4, nella quale si osserva il simbolo elettrico del componente comunemente adottato nella composizione grafica dei circuiti elettronici.

Se la tensione erogata da una sola cellula può essere considerata esigua, quella risultante dal collegamento in serie di più elementi non lo è più. Come segnalato nello schema di figura 5, dove quattro cellule fotovoltaiche dello stesso tipo, collegate in serie, generano la tensione di 2 V. Ed è naturale che, con questo sistema di collegamento, anche la potenza elettrica complessiva, erogata dall'intero sistema di più cellule, equivale alla somma delle singole potenze ed appare quindi assai elevata per le eventuali applicazioni pratiche che si vogliono attuare. Purché, ovviamente, tutte le cellule siano dello stesso tipo, ovvero eroghino la medesima corrente nominale, altrimenti le cellule a corrente inferiore potrebbero surriscaldarsi e danneggiarsi, con un rendimento complessivo alquanto scadente. Mentre le tensioni singole e le esposizioni alla luce possono anche essere diverse. Per esempio, alcune cellule possono rimanere esposte maggiormente ai raggi ultravioletti, altre a quelli dell'infrarosso che, come si può notare in figura 6, sensibilizzano notevolmente il silicio, a differenza di quanto accade per l'occhio umano le cui reazioni raggiungono i massimi valori fra le frequenze ottiche del verde e del giallo.
Quando dalle cellule fotovoltaiche si vuol assorbire una corrente di intensità superiore a quella di un solo elemento, si ricorre al collegamento in parallelo di più elementi, come indicato in figura 7. In tal caso la tensione rimane pari a quella di una singola cellula, ovvero di 0,5 V ÷ 0,6 V, mentre la corrente è stabilita dal prodotto per tre

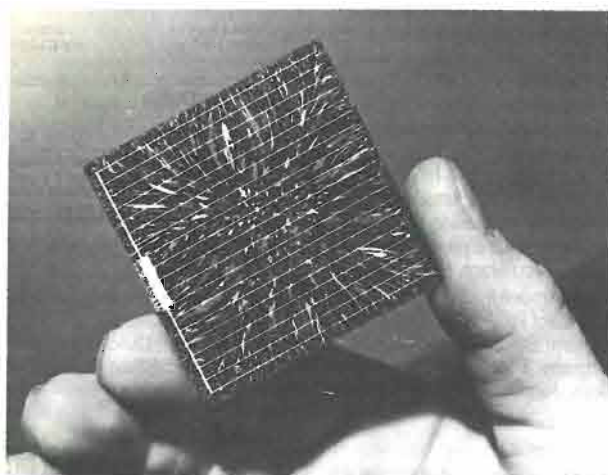



Fig. 11 - Maestoso esemplare di cellula solare, di forma quadrata, commercializzata per usi dilettantistici e parzialmente simile a quella inviata in dono agli abbonati a questo periodico.

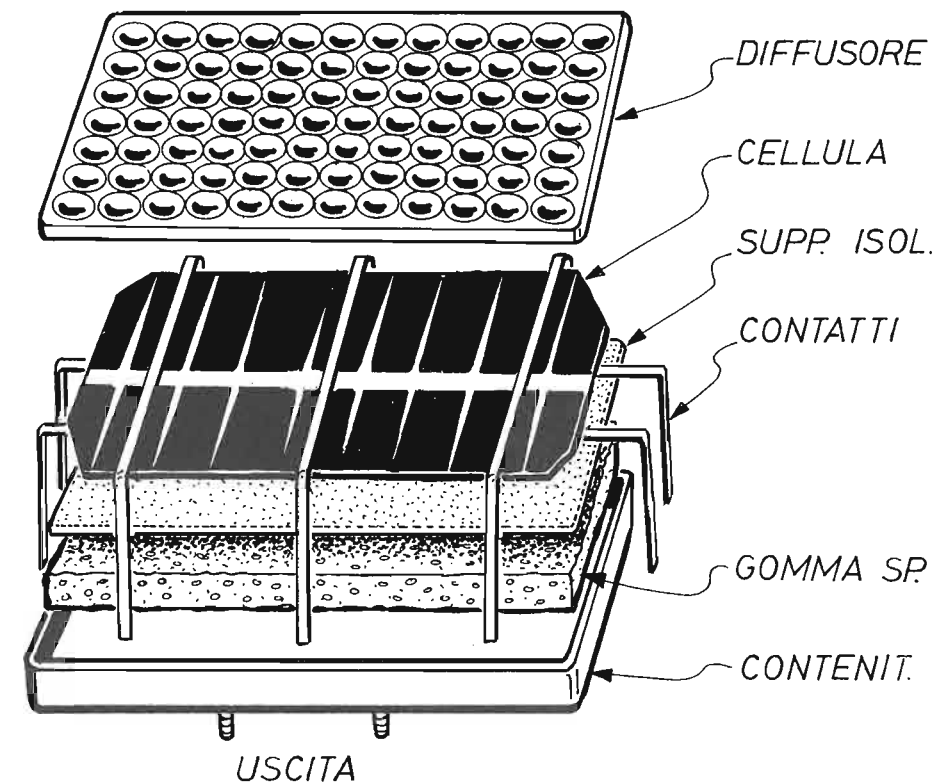



Fig. 12 - Vista in "esploso" della cellula solare di maggior interesse per i lettori abbonati, che con questa verranno messi in grado di realizzare mensilmente alcuni interessanti progetti. I vari contatti metallici uniscono tra loro le parti di silicio sensibile che compongono la cellula.

dell'intensità erogata da una cellula. Tutto avviene, del resto, come nei collegamenti con le pile, nei quali le tensioni aumentano quando sono in serie, mentre si intensificano le correnti quando sono in parallelo. Tuttavia, quando si ricorre al collegamento in parallelo di più cellule fotovoltaiche, queste debbono essere dello stesso tipo ed anche l'esposizione alla luce deve essere uguale. Altrimenti, la cellula a tensione inferiore non fornisce energia. Possono essere diverse invece, anche se ciò non è consigliabile, le dimensioni dei componenti e la loro portata in corrente.

STRUTTURE ESTERNE

La conformazione esteriore della cellula fotovoltaica, quella più frequentemente impiegata per scopi didattici, hobbystici o nei sistemi di controllo (figura 8), può assumere aspetti diversi, anche se il concetto strutturale rimane sempre lo stesso, ad esempio quello interpretato tramite il disegno di figura 9. Nel quale è riportata la sola parte elettronica della cellula fotovoltaica, quella che poi deve essere inserita in un robusto contenitore, in grado di difendere il sottile e delicato strato di silicio contro urti e sollecitazioni meccaniche varie.
Altre espressioni geometriche di cellule fotovoltaiche sono pubblicate in figura 10. Mentre un modello di forma quadrata, molto appariscente e simile a quello riprodotto in apertura del presente articolo, può essere osservato in figura 11. Ma veniamo ora all'argomento forse più atteso dai lettori, ovvero alla presentazione della cellula fotovoltaica che, come già anticipato, viene inviata

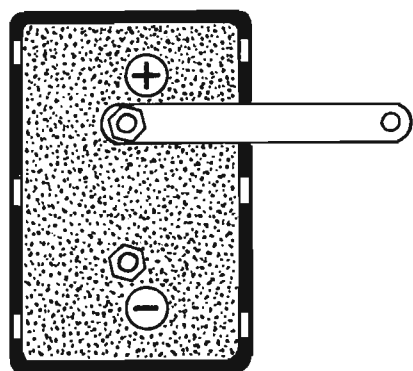



Fig. 13 - Così appare, vista dalla sua parte inferiore, la cellula solare ampiamente descritta nel testo ed inviata in dono ai lettori abbonati. La linguetta di ottone e i due dadi avvitati sui morsetti, positivo e negativo, consentono di realizzare precisi collegamenti, in serie o parallelo, di più elementi di cellule.

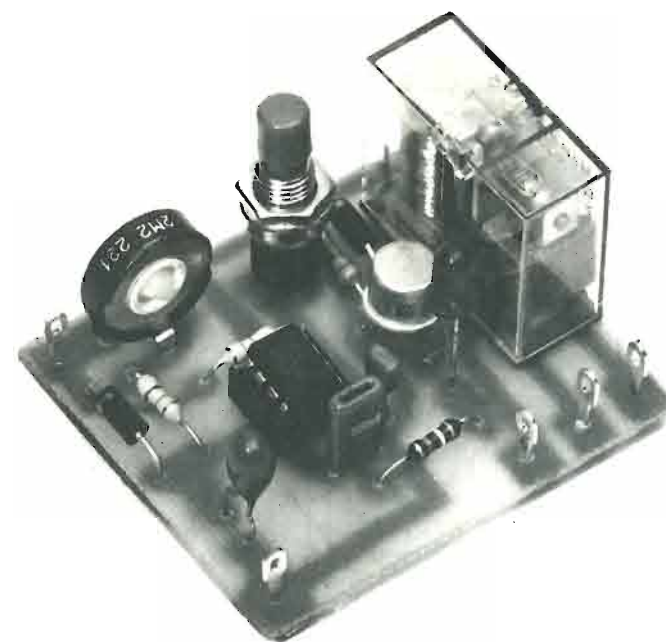
in regalo agli abbonati e che, per una più precisa identificazione, chiameremo "cellula solare", appropriandoci del linguaggio, non rigorosamente tecnico, ma certamente molto comune e corrente oggi sulla bocca di ogni profano.
Forse, la foto riprodotta nelle prime pagine, che si riferisce appunto alla nostra cellula solare, non può offrire al lettore un'immagine realistica, quasi tangibile del componente optoelettronico. È invece assai più significativo il disegno della cellula solare, vista in "esploso", pubblicato in figura 12. In cui si possono osservare le varie parti che concorrono alla formazione dell'elemento completo, a partire da quelle interne, inaccessibili, e quelle esterne che tutti possono toccare.
L'elemento riportato per primo, in alto in figura 12, è il diffusore, realizzato con materiale di plastica, di forma rettangolare, delle dimensioni di 7,5 cm x 4,5 cm circa.
Al diffusore sono affidati due compiti principali: quello di realizzare la migliore utilizzazione dell'energia luminosa, concentrandola sulla parte sensibile della cellula solare e l'altro, non meno importante, di proteggere il contenuto interno del componente.
Si nota poi, in ordine successivo, dall'alto al basso di figura 12, la presenza dei seguenti elementi: la pellicola di silicio (cellula), il supporto isolante, i contatti metallici, la gomma-spugna ed il contenitore di plastica di color nero, dalla cui parte sottostante fuoriescono i due morsetti, positivo e negativo della cellula.
Vista dalla sua faccia inferiore, la nostra cellula solare si presenta nel modo segnalato in figura 13. Con l'equipaggiamento di una linguetta di ottone flessibile, dotata di due fori alle estremità e fissata, con dado, sulla vite rappresentativa del morsetto positivo. Anche la vite del morsetto negativo è fornita di dado. E tutto ciò serve ad agevolare il compito dell'operatore che deve collegare, in serie o in parallelo, più elementi di cellule solari. Come indicato nello schema pratico di figura 14, che interpreta un esempio di collegamento in serie di quattro cellule solari, con il risultato di rendere disponibile la tensione risultante e complessiva di 2 V (0,5 V x 4 = 2 V). Questo tipo di collegamento è sempre da preferirsi a quello in parallelo, nel quale il rendimento appare alquanto inferiore a causa di inevitabili perdite.
Ai lettori che riceveranno in dono la cellula solare e rileveranno subito come, ad una prima osservazione, la pellicola di silicio sensibile potrà sembrare parzialmente infranta, ricordiamo quanto ampiamente esposto in sede di citazione delle attuali tecniche costruttive industriali, che utilizzano quelle porzioni di silicio scartate durante l'approntamento dei circuiti integrati, perché ritenute difettose e che bene si adattano, invece, per la preparazione di cellule solari per impieghi comuni e con prezzi ridotti.

Fig. 14 - Esempio di collegamento in serie di quattro cellule solari. La tensione risultante è, in tal caso, di 2 V e la corrente derivabile di 0,4 A.

Chiude due circuiti
di alimentazione
in tempi diversi.

TEMPORIZZATORE DIFFERENZIALE

Il progetto presentato in questa sede, che ad un primo e superficiale giudizio potrebbe essere classificato come una pedissequa copia di uno dei tanti temporizzatori con integrato 555, pubblicati nei precedenti fascicoli del periodico, contiene degli elementi di assoluta originalità e vuol essere una risposta precisa ad alcune esigenze tecniche di lettori modellisti, hobbysti, computeristi, radioamatori e CB. Il dispositivo, infatti, risolve il problema, comune a molti operatori elettronici, di ritardare l'inserimento di un sistema di alimentazione rispetto ad un altro cui deve concedersi la precedenza. Ma spieghiamoci meglio con un esempio, quello assai noto della valvola elettronica che, per entrare decisamente in funzione, deve attendere che il filamento si riscaldi al punto di emettere la necessaria quantità di elettroni. Con un ritardo di tempo di parecchi secondi dal momento in cui vien chiuso l'interruttore generale dell'apparato in cui è inserita, come avviene in molte apparecchiature valvolari, nelle quali, alimentando nello stesso istante iniziale i circuiti anodici e quelli di accensione dei filamenti, la tensione sale a valori altissimi a causa della mancanza del carico. Mettendo a dura prova la resistenza dell'alimentatore e di altre parti circuitali. Tuttavia, l'impiego di una accensione differenziata nel tempo di più circuiti diversi, anche se maggiormente auspicato negli amplificatori di potenza a radiofrequenza per radianti ed operatori nella banda cittadina, si estende a molte altre applicazioni, per ognuna delle quali il lettore troverà certamente in queste pagine la giusta soluzione.

I vantaggi, di questo semplice temporizzatore, possono essere maggiormente apprezzati da coloro che operano con apparecchiature a valvole, dove le tensioni anodiche si applicano in tempi successivi a quelli delle tensioni di accensione dei filamenti.

È praticamente un doppio interruttore temporizzato e automatico.

Si rivela utile a molti tecnici elettronici, agli OM e ai CB.

Dunque, analizzato nella sua espressione più semplice, il circuito del temporizzatore è in condizioni di alimentare subito un determinato sistema elettrico e, successivamente, ma automaticamente, senza alcun intervento manuale e dopo un tempo prestabilito e scelto fra i limiti di un secondo e trenta secondi, un secondo sistema e con un qualsivoglia valore di tensione.
I due impieghi più comuni del temporizzatore sono quelli illustrati nelle figure 4 e 5, ma è ovvio che questi possono servire al lettore come schemi di suggerimento per altre, diverse applicazioni del temporizzatore, il cui progetto completo è pubblicato in figura 1.

PROGETTO DEL TEMPORIZZATORE

Il ritardo con cui il relè RL viene sensibilizzato, dopo che il circuito di figura 1 è stato alimentato con la tensione di 12 Vcc, viene stabilito dai valori attribuiti al condensatore al tantalio C1 e alle due resistenze R1 (trimmer) ed R2. L'integrato IC1 provvede poi alla temporizzazione del circuito, di cui conviene esaminare, qui di seguito, il reale comportamento.
Supponendo che il condensatore al tantalio C1 risulti inizialmente scarico, l'uscita 3 dell'integrato si trova allo stato logico "1". Conseguentemente, il diodo led DL rimane spento, il transistor TR1 si trova all'interdizione e attraverso la bobina del relè RL non fluisce alcuna corrente.
Ma una volta completatasi la carica del condensatore C1, il piedino 3 di IC1 assume lo stato logico "O", il diodo led DL si accende, il transistor TR1 va in saturazione ed il relè RL si eccita, chiudendo i contatti di utilizzazione (UTILIZZ.).
Analizzato sotto l'aspetto tecnico, si usa dire che l'integrato IC1, rappresentato dal modello NE555, è collegato nella configurazione corrispondente a quella di un oscillatore monostabile. E ciò significa che, applicando un impulso di tensione basso, di valore inferiore ad 1 V, al piedino 2 di IC1, che è denominato piedino di "trigger", ovvero di scatto, il condensatore C1 inizia subito a caricarsi tramite R1 ed R2.
Successivamente, quando sull'ingresso 6 di IC1,

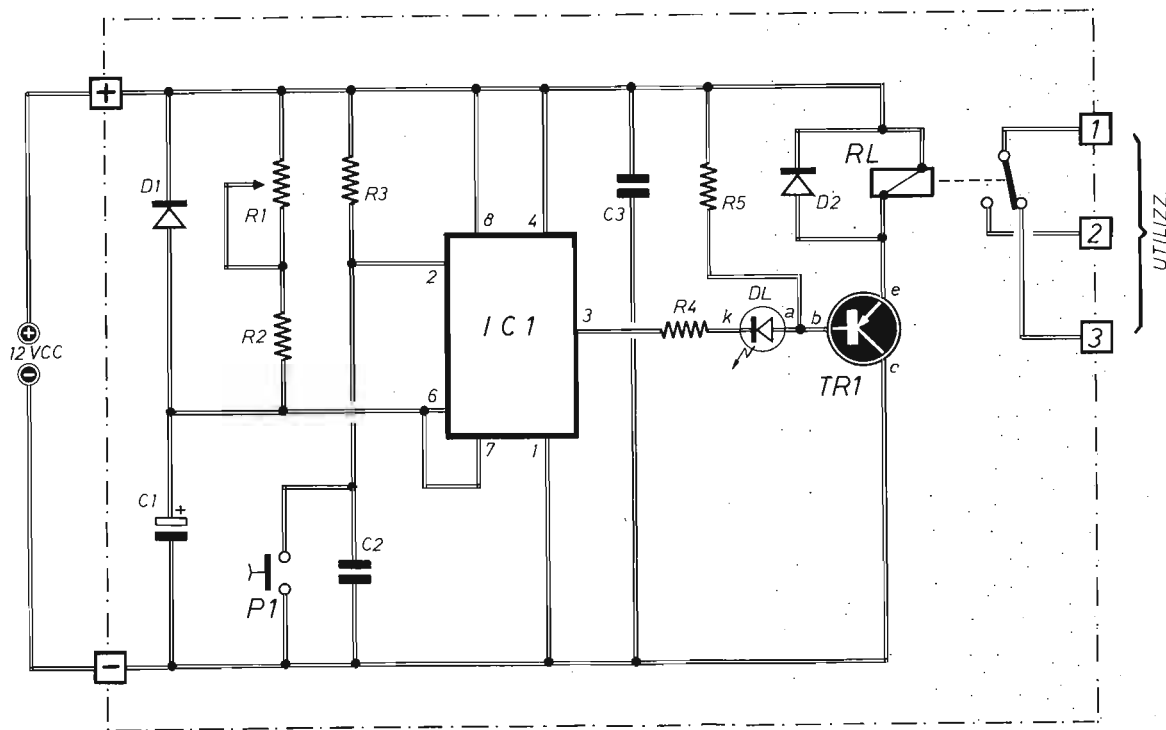



Fig. 1 - Circuito teorico del temporizzatore nel quale i tempi di esercizio, compresi fra 1" e 30", vengono fissati tramite R1. Il pulsante P1 comanda il reset, mentre il diodo led DL segnala la sensibilizzazione del relè RL.

Fig. 2 - Piano costruttivo del modulo elettronico del temporizzatore. Il condensatore C1, che è un modello polarizzato, è di tipo al tantalio. Il piedino 5 dell'integrato IC1 rimane inutilizzato.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 22 μF - 24 Vl (al tantalio)
C2 = 10.000 pF (ceramico)
C3 = 100.000 pF (ceramico)

Resistenze

R1 = 2,2 megaohm (trimmer)
R2 = 47.000 ohm - 1/4 W
R3 = 47.000 ohm - 1/4 W
R4 = 390 ohm - 1/4 W
R5 = 1.200 ohm - 1/4 W

Varie

IC1 = 555 (integrato)
TR1 = 2N2905
D1 = 1N4004 (diodo al silicio)
D2 = 1N4004 (diodo al silicio)
DL = diodo led (rosso)
P1 = pulsante (normal. aperto)
RL = relè (12 Vcc - 300 ÷ 600 ohm)

chiamato "ingresso comparatore", la tensione raggiunge un valore pari a due terzi circa di quello di alimentazione, che nel nostro caso è di 12 Vcc, l'uscita, che inizialmente era "alta", diviene "bassa", ossia inferiore ad 1 V, e rimane tale finché non si disabilita il circuito premendo il pulsante P1 di reset, che fa ripartire un secondo ciclo di temporizzazione.
Tenendo premuto il pulsante P1 di reset, il relè rimane diseccitato per tutto il tempo in cui si esercita la pressione sul pulsante, aumentato di quello stabilito dalla temporizzazione.
Qualora si ritenesse inutile il servizio offerto da P1, questo componente potrà essere eliminato dal circuito.

MONTAGGIO

La realizzazione pratica del circuito teorico di figura 1 si ottiene nel modo indicato in figura 2, componendo il modulo elettronico su una basetta-supporto di materiale isolante, bachelite o vetronite, di forma rettangolare e delle dimensioni di 5,5 cm x 4,7 cm.
Su una delle due facce della basetta-supporto deve essere composto il circuito stampato, il cui disegno, in grandezza naturale, è pubblicato in figura 3.

Il trimmer R1, con il quale si regola la temporizzazione nella misura voluta, è dotato di un piccolo perno di materiale isolante, sul quale si potrà inserire una manopolina di comando. Pertanto, i trimmer, con regolazione resistiva tramite cacciavite, non possono essere utilizzati per tale scopo. O, meglio, a questi sono da preferirsi i modelli con perno di comando.
Il pulsante di reset P1 è di tipo normalmente aperto, ovvero, all'atto della pressione sul bottone di pilotaggio, questo componente chiude il circuito elettrico ad esso collegato e lo conserva aperto quando nessuna pressione viene esercitata su esso.
Allo scopo di evitare di impiegare la punta del saldatore direttamente sui piedini dell'integrato IC1, che sono in numero di otto, si consiglia di far uso di un apposito zoccoletto, ricordando, all'atto dell'inserimento del componente, di rispet-

Fig. 3 - Disegno in grandezza naturale del circuito stampato, che occorre realizzare su una delle due facce di una basetta di materiale isolante, di forma rettangolare e delle dimensioni di 5,5 cm x 4,7 cm.

tare il suo preciso orientamento, cioè tenendo conto che il piedino contrassegnato con il numero 1 si trova da quella parte dell'integrato in cui è presente una piccola tacca di guida, come del resto è segnalato nel piano costruttivo di figura 2.
Degli otto terminali dell'integrato 555, quello corrispondente al numero 5 non è stato segnalato nello schema teorico di figura 1, soltanto perché questo piedino rimane "non utilizzato" nel progetto descritto in questa sede.
Il relè RL deve essere scelto fra i modelli alimentabili con la tensione continua di 12 V e dotati di una bobina di induttanza di valore compreso fra i 300 ohm e i 600 ohm. I contatti di utilizzazione, inoltre, debbono essere in grado di sopportare correnti di intensità elevata, fino a 5 A!
Volendo invertire il funzionamento del temporizzatore ora descritto, occorrerà scambiare fra loro i contatti utili, ovvero servirsi dei terminali contrassegnati con i numeri 1 - 3.
Concludiamo ricordando che tutte le resistenze sono di basso wattaggio e che la misura di 1/4 W per ognuna di queste deve considerarsi idonea al funzionamento del circuito.
Ai lettori principianti si raccomanda poi di rispettare le polarità del condensatore al tantalio C1, dei diodi D1 - D2 - DL e del transistor TR1, il cui elettrodo di emittore si trova da quella parte del componente in cui è ricavata una piccola tacca-guida metallica; l'elettrodo di collettore rimane in posizione diametralmente opposta e quello di base è situato fra i due ora citati.

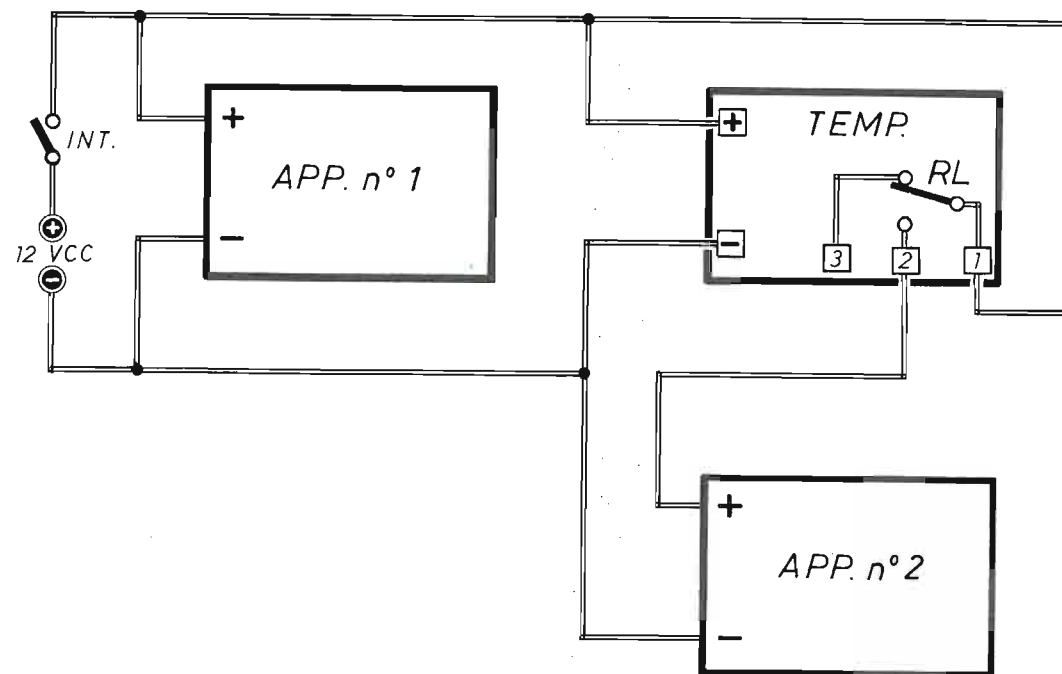



Fig. 4 - Esempio di impiego del temporizzatore in due apparecchiature, alimentate entrambe con la tensione continua di 12 V, ma in tempi tra loro differenziati.

SUGGERIMENTI UTILI

Allo scopo di evitare che il relè RL ostenti alcune incertezze iniziali di comportamento all'avviamento del circuito, si raccomanda di non utilizzare relè con tensioni di esercizio inferiori ai 12 Vcc e di inserire, tra base di TR1 e linea della tensione di alimentazione positiva, ma esclusivamente in presenza di inconvenienti, ossia di cattivi funzionamenti, un condensatore elettrolitico da 100 µF - 6 Vl, con il terminale positivo ovviamente connesso con la linea proveniente dal morsetto positivo dell'alimentatore.
Coloro che volessero trasformare il circuito del temporizzatore in quello di un oscillatore, dovranno utilizzare, per RL, un relè a doppi contatti e sostituire il pulsante P1 con uno di questi, normalmente aperto. Si verificherà così la condizione in cui il relè offrirà un solo, breve impulso, stabilito dalla scarica della sua induttanza sul diodo al silicio D2, per poi aprirsi e dare inizio ad un nuovo semiciclo.
Utilizzando il temporizzatore differenziale in ambienti alquanto rumorosi, si può rendere necessario il collegamento di un condensatore ceramico, da 100.000 pF, tra il piedino 5 dell'integrato, che normalmente non deve essere connesso con alcun elemento, e la linea di massa.
Desiderando un aumento della temporizzazione, che nelle due posizioni estreme del cursore del trimmer R1 varia fra il tempo minimo di un secondo circa e quello massimo di trenta secondi o quasi (1" ÷ 30"), si consiglia di impiegare, per IC1, il modello CMOS della TEXAS, denominato TLC555, che presenta un'impedenza d'ingresso elevatissima e consente di utilizzare, in sostituzione del prescritto trimmer da 2,2 megaohm, delle resistenze da diverse decine di megaohm, inseribili tramite commutatore, qualora non fosse reperibile in commercio un potenziometro di corrispondente valore ohmmico. Ma a questa variante circuitale se ne deve accompagnare un'altra, relativa alla sostituzione del condensatore C2 con un modello a film plastico da 10 µF, che con-

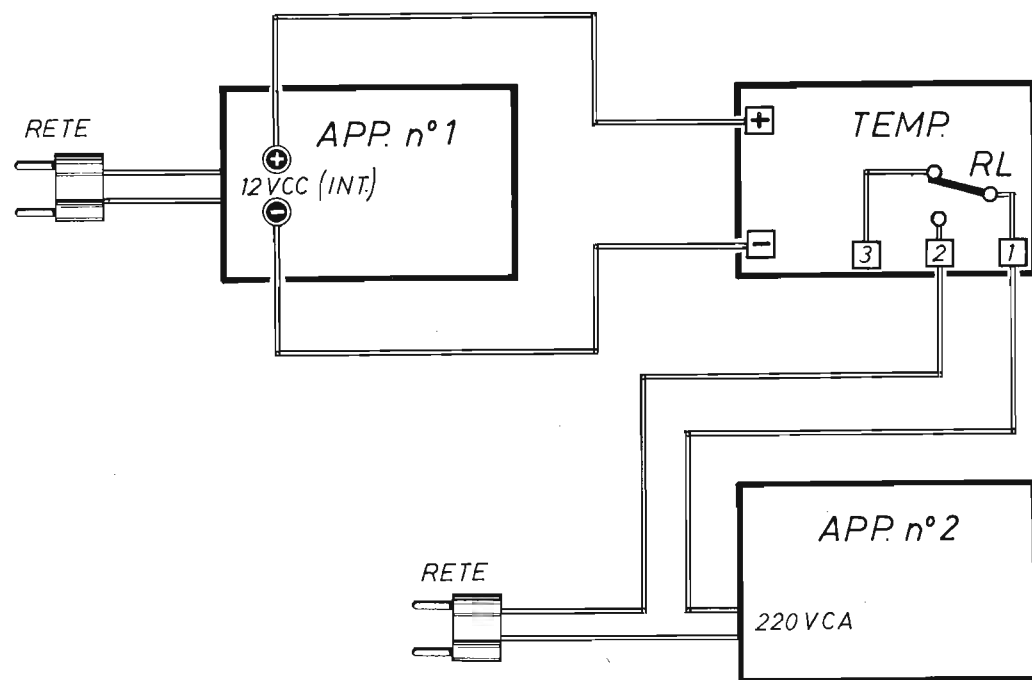



Fig. 5 - In questo esempio di applicazione del temporizzatore, entrambe le apparecchiature sono alimentate con la tensione di rete di 220 Vca. La tensione di 12 Vcc, necessaria per alimentare il temporizzatore, è derivata dalla prima apparecchiatura, quando ciò sia possibile.

ferisce al circuito una maggiore precisione di funzionamento. Ebbene, dopo questo intervento in-

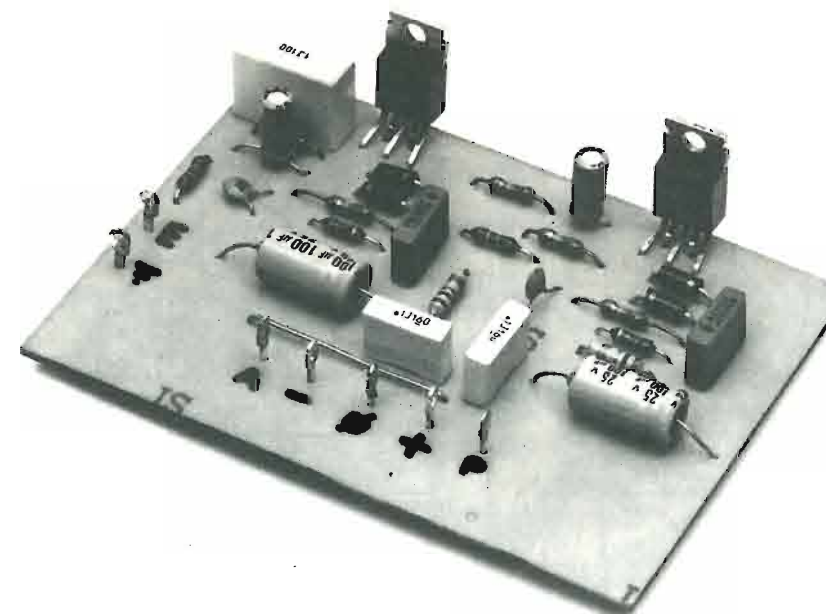
novativo, la temporizzazione può facilmente raggiungere anche il quarto d'ora, purché si ponga molta attenzione alla pulizia del circuito stampato e alla qualità dello zoccolo portaintegrato, che possono sempre rivelarsi cause di correnti di fuga.

IMPIEGHI E COLLEGAMENTI

Gli schemi pubblicati nelle figure 4 e 5 propongono due comunissimi esempi di impiego e collegamento del temporizzatore. Quello di figura 4 suggerisce il sistema di pratica applicazione del temporizzatore nel caso in cui la tensione continua di 12 V debba essere applicata prima all'apparecchio numero 1 (APP. n° 1) e successivamente, dopo un tempo prestabilito tramite il temporizzatore, all'apparecchio numero 2 (APP. n° 2).
Lo schema di figura 5 interpreta il sistema di alimentazione di due apparati con la tensione di rete, ma con un ritardo di avviamento del secondo dispositivo rispetto al primo. In tale occasione, internamente al primo apparecchio (APP. n° 1) si deve inserire l'alimentatore a 12 Vcc, necessario per il funzionamento del temporizzatore, che devia la tensione di rete di 220 Vca verso il secondo apparecchio (APP. n° 2) quando lo stabilisce il temporizzatore (TEMP.). Tuttavia, se il primo apparecchio è rappresentato da un amplificatore valvolare o da un ricetrasmettitore dello stesso tipo, l'alimentazione continua a 12 V, richiesta dal temporizzatore, può essere derivata dall'alimentatore interno dello stesso apparecchio.
Chi avesse intenzione di utilizzare il temporizzatore per pilotare carichi alimentati con la tensione di rete, si ricordi di far uso di relè particolarmente adatti a tali scopi, ovvero relè con adeguati isolamenti, rivolgendo le proprie preferenze verso i modelli con marchio IMQ o VDE.
Per il comando di relè molto grossi ed in presenza di temperature elevate, è consigliabile inserire, sul transistor TR1, un piccolo dissipatore di calore, tenendo conto che il contenitore metallico del componente è collegato con la massa.

BOOSTER

La funzione primaria di ogni booster è quella di elevare la potenza audio, di un qualsiasi riproduttore, in misura notevole. In pratica, dunque, il booster è un particolare tipo di amplificatore di bassa frequenza, che va collegato fra l'uscita di un registratore, una radiolina, un giradischi ed un altoparlante di potenza adeguata. Ma quello presentato e descritto in questa sede, che vanta una potenza d'uscita effettiva di una quarantina di watt circa, su una banda passante i cui limiti estremi sono di 10 Hz e 140 KHz, deve considerarsi un dispositivo dotato di tutte le caratteristiche proprie dell'amplificatore ad alta fedeltà. Soprattutto se si considera che il valore medio della distorsione, che accompagna i suoni, rimane attestato su una grandezza dell'uno per mille, mentre raggiunge appena lo 0,5% a piena potenza. E c'è di più. Infatti, se realizzato in una coppia di esemplari identici, il progetto può essere vantaggiosamente collegato con tutte quelle uscite stereo che necessitano di un considerevole apporto di energia. Con una potenza di picco, per ciascun canale, che si aggira intorno agli ottanta watt. Nelle autovetture, poi, il booster risolve il problema del difficile ascolto nel grande e rumoroso traffico dei centri abitati, così come può soddisfa-

Il booster deve essere considerato come una fonte di energia da introdurre in tutti quei dispositivi nei quali la potenza d'uscita è relativamente bassa o insufficiente per taluni impieghi.

Un apporto complementare di energia ai segnali monofonici e stereofonici.

Trasforma i piccoli riproduttori audio in apparati HI-FI.

È utile a bordo degli automezzi e delle autovetture.

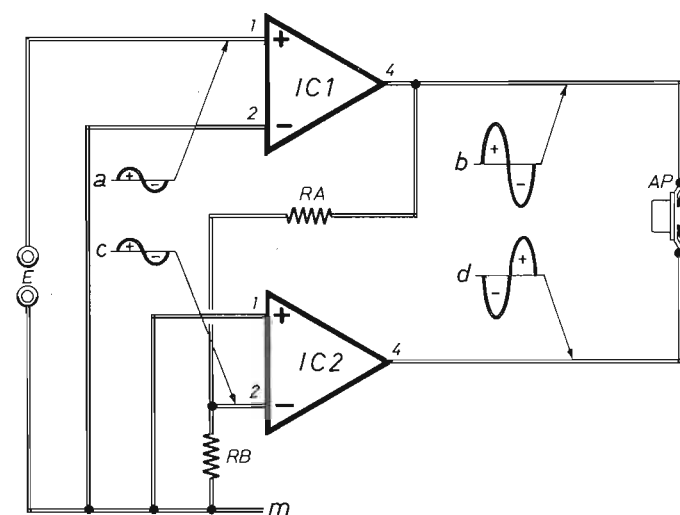



Fig. 1 - Su questo semplice schema, di valore puramente teorico, è facile analizzare il funzionamento della configurazione circuitale a ponte, in grado di raddoppiare la tensione di alimentazione del carico, rappresentato in questo caso dall'altoparlante.

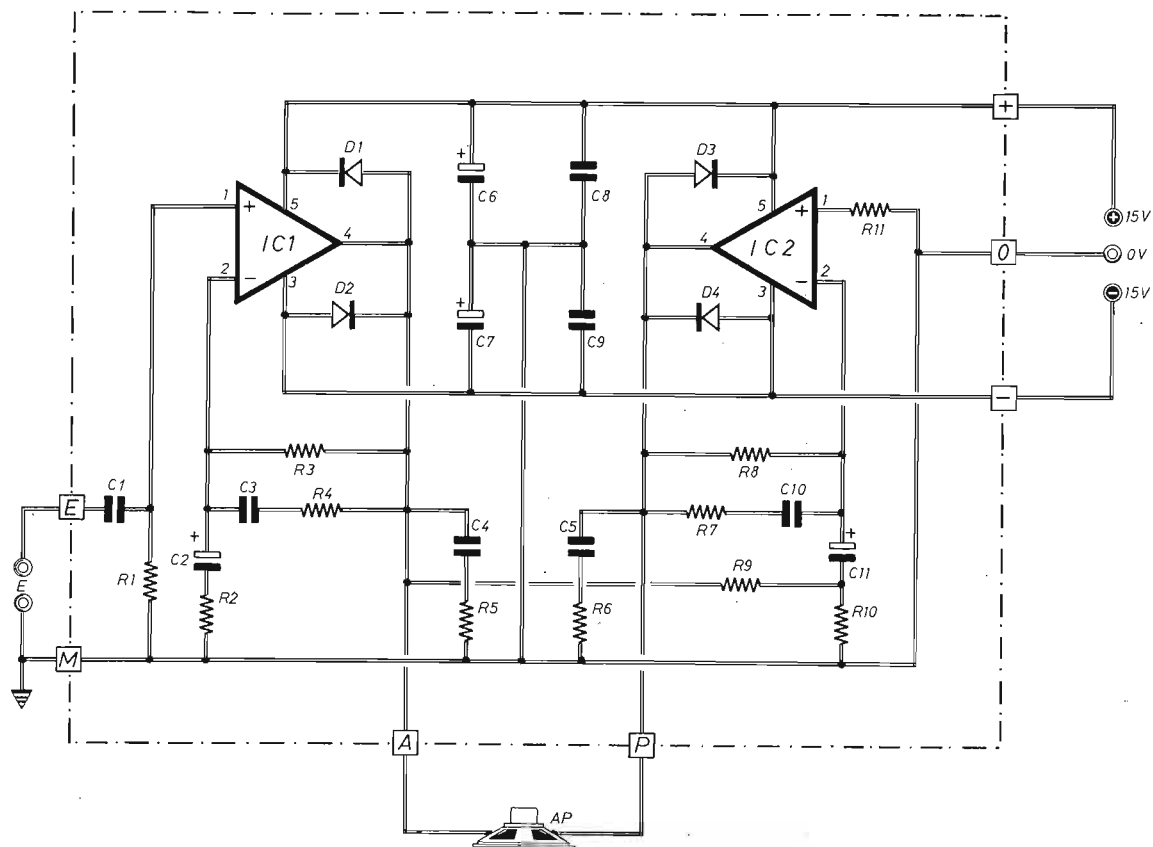



Fig. 2 - Circuito completo del booster, alimentato con la tensione continua, duale, di + 15 V e — 15 V. L'altoparlante, che deve essere di potenza adeguata, assume un valore di impedenza non inferiore agli 8 ohm. Le linee tratteggiate delimitano la parte schematica che, in sede realizzativa, è composta su una basetta con circuito stampato.

Fig. 3 - Piano costruttivo del modulo elettronico del booster descritto nel testo. Si noti, nella parte più bassa del disegno, la presenza di uno spezzone di conduttore, che funge da ponticello ed assicura la continuità elettrica circuitale. I due integrati, attraverso le loro alette metalliche, debbono essere applicati su due robusti radiatori, mantenendo le alette isolate da questi ed utilizzando a tale scopo gli appositi kit di isolamento (mica e vite in nylon con interposto grasso al silicone).

COMPONENTI

Condensatori

- **C1 = 1 μF (non polarizzato)**
- **C2 = 22 μF - 16 Vl (elettrolitico)**
- **C3 = 100 pF (ceramico)**
- **C4 = 220.000 pF**
- **C5 = 220.000 pF**
- **C6 = 100 μF - 25 Vl (elettrolitico)**
- **C7 = 100 μF - 25 Vl (elettrolitico)**
- **C8 = 100.000 pF**
- **C9 = 100.000 pF**
- **C10 = 100 pF (ceramico)**
- **C11 = 22 μF - 16 Vl (elettrolitico)**

Resistenze

- **R1 = 22.000 ohm**
- **R2 = 680 ohm**
- **R3 = 22.000 ohm**
- **R4 = 2.200 ohm**
- **R5 = 1 ohm**
- **R6 = 1 ohm**
- **R7 = 2.200 ohm**
- **R8 = 22.000 ohm**
- **R9 = 22.000 ohm**
- **R10 = 680 ohm**
- **R11 = 22.000 ohm**

N.B. - Tutte le resistenze sono da 1/4 W

Varie

- **IC1 = TDA 2030**
- **IC2 = TDA 2030**
- **D1...D4 = diodi al silicio (1N4004)**
- **AP = 8 ohm**

re ogni interesse radiofonico o musicale di tutti i conducenti di autocarri con cabine certamente non insonorizzate.

SEGNALI SINUSOIDALI

Prima di iniziare la presentazione del progetto del booster, allo scopo di assimilarne i pregi tecnici, in parte citati attraverso semplici dati numerici o percentuali, vogliamo soffermarci brevemente su alcuni concetti, di carattere fondamentale, relativi alla riproduzione sonora di segnali di bassa frequenza, alla loro potenza e composizione formale. E per semplificare quanto verrà qui di seguito esposto, consideriamo il processo di amplificazione di un segnale a forma di sinusoide, ricordando che la musica e con questa tutti i suoni in genere si possono scomporre in un certo numero di sinusoidi secondarie, come del resto si potrebbe abbondantemente e matematicamente dimostrare. Supponiamo, quindi, di disporre di un carico puramente resistivo di 8 ohm, che può essere quello di un altoparlante ideale, ovvero in assenza di componenti induttivi e capacitivi, in prossimità della risonanza, come nella realtà non avviene. Ebbene, in tali ipotetiche condizioni, la potenza del segnale sinusoidale è data dal prodotto V x I, in cui V ed I rappresentano i valori efficaci della tensione e della corrente alternata sinusoidale applicata all'altoparlante ovviamente ideale.

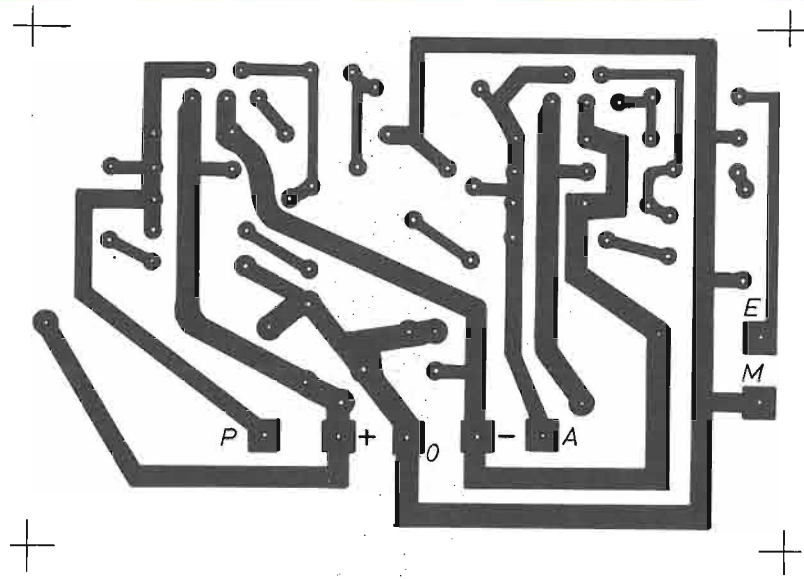



Fig. 4 - Disegno in grandezza naturale del circuito stampato da riprodurre su una delle due facce di una basetta di materiale isolante, di bachelite o vetronite, di forma rettangolare e delle dimensioni di 10 cm x 7 cm.

In sostanza, si è ragionato allo stesso modo con cui viene calcolata la potenza assorbita da una stufetta elettrica, da un ferro da stiro od altro carico resistivo alimentato dalla rete-luce. La quale eroga un segnale alternato a 50 Hz, corrispondente pure a quello di un suono di forma sinusoidale. E ciò che avviene alla frequenza di 50 Hz si verifica pure a qualsiasi altro valore.
Ora, se si vuole fornire all'altoparlante da 8 ohm, preso ad esempio, la potenza di 40 W, lo si deve alimentare con un segnale sinusoidale da 18 V efficaci. Perché in questo modo il carico viene percorso, in rispetto della legge di Ohm, dalla corrente:

I = V : R

cioè:

18 V : 8 ohm = 2,25 A eff.

ed il prodotto:

18 V x 2,25 A = 40 W

determina il valore della potenza da fornire all'altoparlante. Tuttavia, come accade per la tensione domestica di 220 Vca, che non indica il massimo valore di tensione disponibile, così quello di 18 V eff. va ritenuto insufficiente per il reale raggiungimento della potenza di 40 W. Spieghiamoci meglio, facendo ancora riferimento alla tensione di rete. Il cui valore efficace è di 220 V,

ALETTA
(PIED. 3)
TDA
2030
1 2 3 4 5

Fig. 5 - Segnalazione numerica dell'esatta posizione dei cinque elettrodi dell'integrato TDA 2030. L'aletta si trova in contatto elettrico con l'elettrodo 3 e necessita quindi di perfetto isolamento dal radiatore con cui deve essere raffreddata.

ma quello di picco è stabilito dal prodotto:

Vp = 200 V eff. x √2 = 317 V

Un tale dato risulterebbe leggibile sullo schermo di un oscilloscopio isolato da rete. Se la tensione di picco di rete è di 317 V, quella fra picco e picco, vale a dire fra un massimo positivo ed un minimo negativo della sinusoide, è di valore doppio, ossia:

Vpp = 317 x 2 = 634 V

Tenendo conto delle considerazioni ora esposte, riportiamo questi stessi concetti al caso dell'altoparlante da 8 ohm preso ad esempio. Il quale richiede una reale alimentazione di 18 V alternati ed efficaci, per produrre una potenza di 40 W, ossia di:

18 V eff. x √2 = 26 Vp

quindi, 26 V di picco, sia negativi che positivi, ovvero:

26 Vp x 2 = 52 Vpp

Ora, per derivare una tale sinusoide da una doppia alimentazione continua, come deve avvenire in un normale amplificatore per bassa frequenza, questa deve valere in tensione ± 26 V, oppure ± 52 V, se si tratta di alimentazione singola, con l'aumento delle inevitabili perdite provocate dallo stadio finale e che ammontano ad alcuni volt. Ma siffatti valori non sono facilmente raggiungibili nei circuiti integrati di potenza, rivelandosi in ogni caso poco economici. Ecco spiegato il motivo per cui gli amplificatori di questa classe vengono di solito realizzati tramite componenti discreti, che complicano le composizioni circuitali e necessitano di procedure di messa a punto e taratura.
Un sistema per diminuire la tensione di alimentazione potrebbe essere quello dell'impiego di altoparlanti da 4 ohm, se non proprio da 2 ohm, ma in questo caso il rendimento dell'amplificatore sarebbe inferiore, dato che le correnti più elevate dissiperebbero maggiore potenza nei circuiti dell'amplificatore.
Il problema invece può essere risolto tramite gli stessi integrati che pongono queste limitazioni. Infatti, tali componenti, che internamente racchiudono complesse funzioni e che esternamente si presentano in una veste economica e di semplice impiego pratico, consentono la realizzazione di soluzioni circuitali altrimenti troppo complesse.

CONFIGURAZIONE A PONTE

Con due soli elementi attivi è possibile comporre la configurazione a ponte schematicamente ri-

Fig. 6 - Circuito elettrico interno all'integrato TDA 2030. I cinque terminali corrispondono alle seguenti funzioni: 1 = entrata non invertente; 2 = entrata invertente; 3 = massa o alimentazione negativa; 4 = uscita; 5 = alimentazione positiva. I rettangoli contrassegnati con la lettera P rappresentano le protezioni contro i sovraccarichi e le sovratemperature.

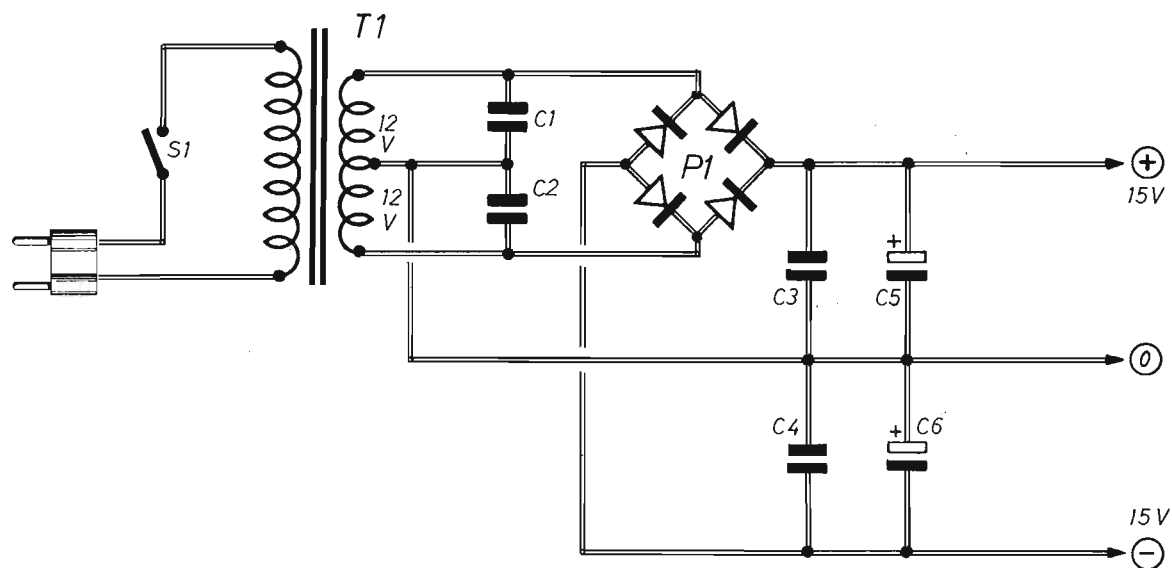



Fig. 7 - Progetto dell'alimentatore da accoppiare al circuito del booster. I due condensatori elettrolitici C5 - C6 costituiscono altrettanti serbatoi di energia da erogare durante i funzionamenti a piena potenza del booster.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 100.000 pF
C2 = 100.000 pF
C3 = 100.000 pF
C4 = 100.000 pF
C5 = 4.700 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C6 = 4.700 µF - 16 Vl (elettrolitico)

Varie

P1 = ponte raddrizz. (80 V - 3 A)
T1 = trasf. (220 V - 12 V + 12 V — 2 A)
S1 = interrutt.

prodotta in figura 1, ma elettronicamente sviluppata nel progetto completo del booster di figura 2.
La configurazione circuitale di figura 1 è in grado di raddoppiare la tensione di alimentazione del carico e funziona nel modo seguente.
Ciascuno dei due integrati IC1 - IC2 è dotato di due ingressi, quello non invertente (piedino 1) e l'altro, invertente (piedino 2). Dunque, il segnale "a", applicato all'ingresso non invertente di IC1, riappare nella stessa forma, ma amplificato, nel diagramma "b". Le fasi del segnale, pertanto, non hanno subito alcuna variazione.
Si noti come l'ingresso invertente di IC1 sia collegato a massa (m) per il solo segnale di bassa frequenza e non per le componenti continue.
Sul piedino 4 di IC1 è collegata la resistenza RA che, assieme alla RB, convoglia parte del segnale uscente verso l'ingresso invertente di IC2 e verso massa, attenuandolo. Il segnale "c", quindi, applicato al piedino 2 di IC2, riappare sul piedino 4 dello stesso integrato nella forma diagrammata in "d", ovvero invertito nelle sue fasi.
I due segnali "b" e "d", applicati al carico, ossia all'altoparlante, determinano la somma delle potenze elettriche in gioco, quelle rese dai due integrati IC1 e IC2.
Ovviamente, allo stesso modo per cui l'ingresso invertente di IC1 è stato collegato a massa, anche

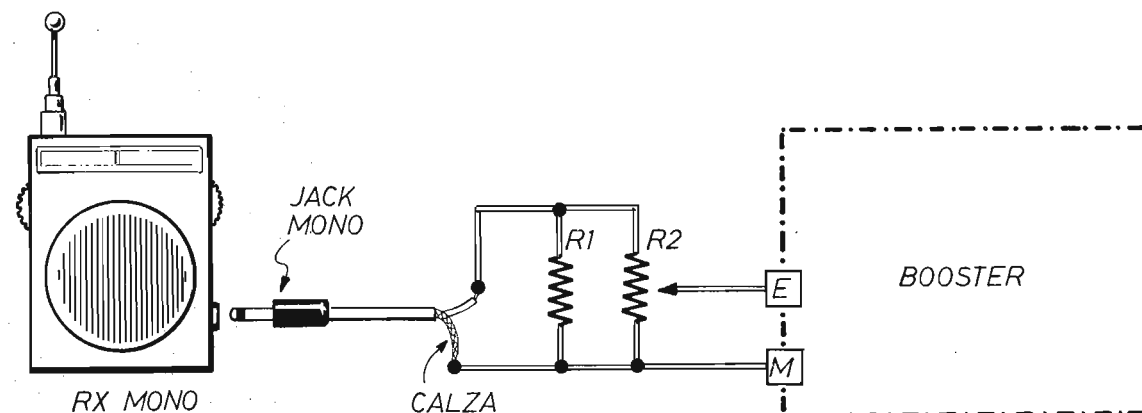



Fig. 8 - Esempio di collegamento del booster, descritto nel testo, con la presa per auricolare di una comune radiolina. Come si può osservare, il cavetto che collega la spina-jack con il trimmer R2 (sostituibile con un potenziometro di tipo a variazione lineare) deve essere schermato. La resistenza R1 assume il valore di 56 ohm - 1/2 W ed il trimmer R2 quello di 220 ohm.

quello non invertente di IC2 (piedino 1) rimane connesso con la linea di massa del circuito. Il quale, come è stato detto all'inizio, appare in figura 1 in veste semplificata, senza prendere in considerazione le funzioni secondarie, quelle che si identificano con gli elementi di controreazione, stabilizzazione, protezione elettronica e di altro ancora. Riassumendo, lo schema teorico di figura 1 interpreta il concetto per cui, utilizzando gli stadi di potenza di una diagonale del ponte, per far scorrere ad esempio la semionda positiva attraverso il carico, si impiega tutta la tensione di alimentazione e non metà di questa come di solito accade. Mentre per invertire la corrente e far scorrere la semionda negativa, si commuta il carico sull'altra diagonale. Dunque, con soli ± 15V, cioè con 26 V, aumentati di 4 V per le cadute di tensione sui circuiti, quindi con 26 V + 4 V = 30 V, è possibile fornire la potenza effettiva di 42 W ad un carico di 8 ohm, con un rendimento superiore al 60%, impossibile con carichi di 4 ohm o meno ed utilizzando dei comuni ed economici integrati, da ± 18 V max., come sono i modelli TDA 2030. E le potenze elevate sono oggi necessarie per la grande diffusione di altoparlanti a bassa distorsione, inseriti in custodie molto piccole, i quali assieme agli evidenti vantaggi uniscono il grosso inconveniente della modesta efficienza e che per offrire un buon livello di ascolto necessitano di potenze superiori ai 10 W.

IL CIRCUITO COMPLETO

Lo schema pubblicato in figura 2 propone il progetto completo del booster, nel quale la sezione a ponte di integrati è stata ora analizzata e non richiede più alcuna interpretazione tecnica. Aggiungiamo invece che, a piena potenza, il circuito assorbe dall'alimentatore, il cui progetto è riportato in figura 7, la corrente di 2,25 A. Ma ciò capita di rado in un amplificatore di suoni, nel quale la corrente media assume valori notevolmente inferiori, con il vantaggio di impiegare anche alimentatori da 1,5 A o 1 A per canale, purché dotati di condensatori elettrolitici da 10.000 µF e più, in funzione di serbatoi di energia da erogare in presenza dei picchi di potenza.
I due integrati IC1 - IC2, che sono identici (mod. TDA 2030) ed il cui schema elettrico interno è pubblicato a titolo informativo in figura 6, funzionano come due normali amplificatori operazionali, simili al popolare µA 741, con la differenza che questi sono in grado di fornire al carico la corrente massima di 3,5 A, anziché quella di 10 mA del 741.
Come è stato detto, l'integrato IC1 riceve il segnale da amplificare sul piedino 1, corrispondente all'ingresso non invertente. E ciò significa che sul piedino 4, vale a dire in uscita, il segnale amplificato rimane in fase ed inviato, tramite R9 e C11 al piedino 2 di IC2, che rappresenta l'ingres-

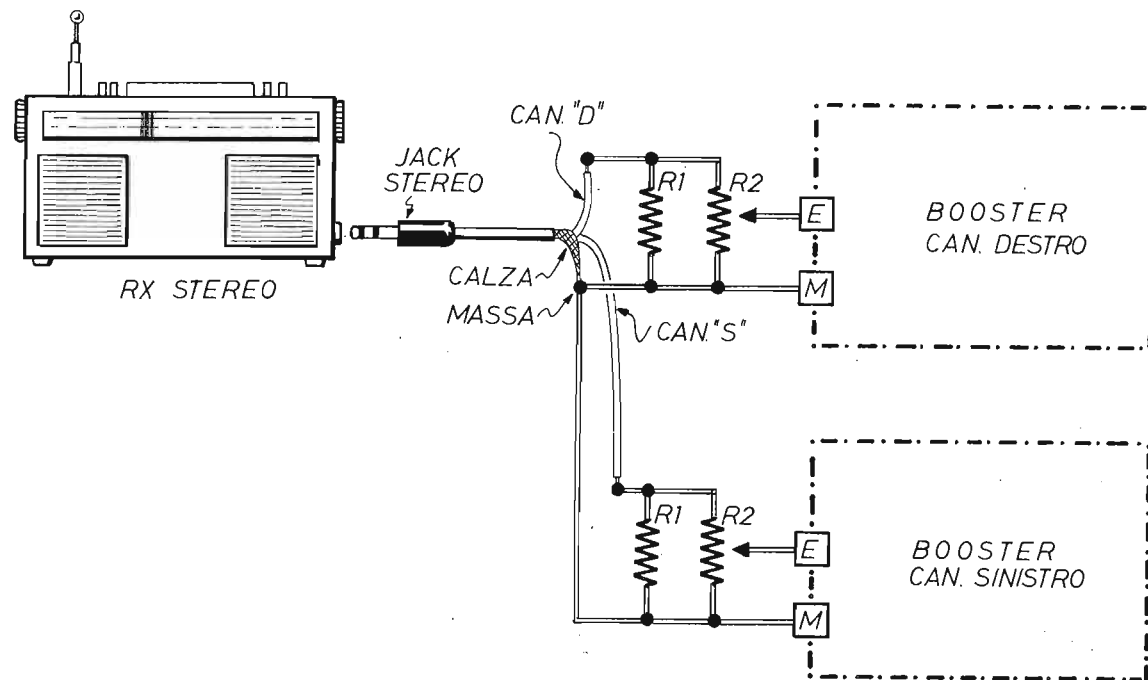



Fig. 9 - Quando si deve elevare la potenza dell'audio di un ricevitore stereofonico, il booster va realizzato in duplice copia e così pure l'alimentatore, a meno che non si disponga di un dispositivo in grado di fornire una corrente doppia, ossia di 4 A. Componenti: R1 = 56 ohm 1/2 W; R2 = 220 ohm (trimmer o pot. lin.).

so invertente di questo integrato. Dunque, sull'uscita di IC2 (piedino 4) è presente il segnale amplificato ma in controfase e poiché il carico (altoparlante) è collegato fra le due uscite di IC1 - IC2 e non tra queste e massa, esso riceve un segnale pari alla somma delle due uscite. Si osservi, infatti, che se le due uscite fossero in fase e di uguale ampiezza, attraverso il carico non scorrerebbe alcuna corrente.

L'entità dell'amplificazione è stabilita dal rapporto tra le due resistenze R3 - R2. Pertanto è possibile aumentare l'amplificazione, elevando il valore ohmmico della resistenza R2, che tuttavia non deve superare di molto quello prescritto per non provocare limitazioni di banda e distorsioni.

Gli elementi C3 - R4 - C4 - R5 controllano la banda passante e assicurano un funzionamento esente da oscillazioni, anche in presenza di carichi leggermente induttivi, come accade per gli altoparlanti. I componenti R7 - C10 - C5 - R6 svolgono le stesse funzioni ora menzionate, ma nell'integrato IC2, mentre i diodi D1 - D2 - D3 - D4 proteggono IC1 e IC2 dai pericoli delle extratensioni del carico induttivo.

L'alimentazione del progetto di figura 2, come è stato detto, è di tipo duale (± 15 V) e si ottiene realizzando il circuito di figura 7, che utilizza un trasformatore con avvolgimento primario per 220 Vca e un secondario da 12 Vca + 12 Vca e 2 A, che consente di erogare, sull'uscita dell'alimentatore di figura 7, le tensioni menzionate.

MONTAGGIO E UTILIZZAZIONE

Il montaggio del progetto del booster si effettua su una basetta di materiale isolante, di bachelite o vetronite, di forma rettangolare, delle dimensioni di 10 cm x 7 cm, su una delle cui facce va riportato il circuito stampato, riprodotto in grandezza reale in figura 4.

Tenendo conto che il circuito presenta una efficienza veramente elevata per amplificatori a bassa distorsione, ma che a piena potenza deve dissipare una notevole quantità di calore, è necessario applicare, su entrambi gli integrati IC1 - IC2, due radiatori di grosse dimensioni (3°C/W), facendo in modo che il montaggio finale del dispositivo possa garantire un adeguato ricambio d'aria, soprattutto quando non si prevede l'impiego di un ventilatore.

A coloro che disponessero già di un alimentatore, raccomandiamo che questo non deve superare in uscita, soprattutto a vuoto, i valori di + 18 Vcc e — 18 Vcc.

Ricordiamo inoltre che le uscite sono protette contro i cortocircuiti e che in caso di eccessivo riscaldamento di IC1 - IC2, questi si "spengono" e si riaccendono dopo aver raggiunto nuovamente la corretta temperatura di esercizio.

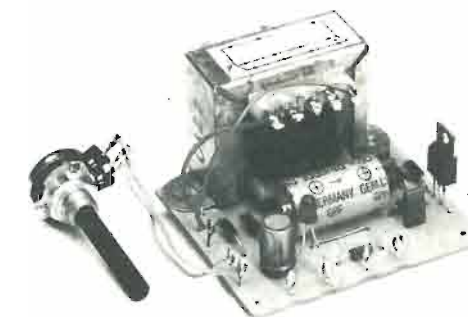
A coloro che volessero impiegare il booster in autovettura, consigliamo di servirsi di un altoparlante da 4 ohm e di collegare a massa il terminale negativo dell'alimentatore e del segnale, isolando i terminali "M" e "O" e collegando la tensione di + 12 V della batteria al terminale positivo del circuito di figura 2. Inoltre, in parallelo con i condensatori C6 e C7, si debbono collegare due resistenze da 2.200 ohm. Così facendo, la potenza raggiungibile è di poco superiore ai 10 W, data la bassa tensione di alimentazione disponibile. Anche il rendimento è inferiore, ma il sistema può ancora considerarsi un riproduttore HI-FI per auto.

Le figure 8 e 9 interpretano i due possibili sistemi di collegamento del booster con un ricevitore radio monofonico ed uno di tipo stereofonico. Per questo secondo esempio di applicazione, occorrono due esemplari di booster e due alimentatori separati, oppure un solo alimentatore in grado di erogare la corrente di 4 A.

Per entrambi le applicazioni pratiche illustrate nelle figure 8 e 9, si debbono impiegare cavetti di collegamento schermati.

Il trimmer R2, che può essere sostituito con un potenziometro da 220 ohm di tipo a variazione lineare, va regolato in modo che, con il volume della radio ad un terzo di potenza, dal booster si derivi il massimo livello audio.

La resistenza R1, collegata in parallelo al trimmer, assume il valore di 56 ohm - 1/2 W.

Alcuni ricevitori radio, all'atto dell'accensione, quando si agisce sull'interruttore di alimentazione, emettono un rumore (click) che può essere ritenuto fastidioso e non sopportabile da tutti, dato che, venendo poi amplificato dal booster, diventa assia forte. Ebbene, per eliminarlo, basta sostituire il trimmer R2 con un potenziometro, come è stato detto ed attribuire a questo anche la funzione di interruttore di accensione della radio, perché all'inizio-corsa il potenziometro è regolato sul valore di "minimo" ed il booster non amplifica il "click". Naturalmente, con questo sistema di accensione, bisogna prima accendere il ricevitore e poi il booster.

CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA

PRIMI PASSI

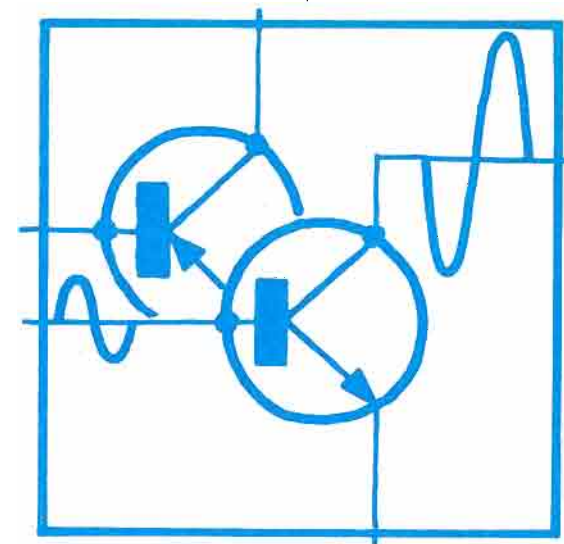
TRANSISTOR GENERALITÀ

I transistor sono componenti elettronici, di piccola o media grandezza, generalmente dotati di tre reofori, destinati all'amplificazione di segnali elettrici e alla loro elaborazione. Esteriormente possono presentarsi in forme e con rivestimenti diversi, ovvero in contenitori o involucri metallici, di materiale sintetico, di vetro o di altro materiale. Ma la loro composizione interna rispetta sempre uno stesso principio fisico, quello dell'accostamento di tre pezzetti di cristallo di semiconduttore di tipo P o N, con un ordine di sequenza ben preciso, che può essere di tipo P-N-P oppure N-P-N, con il risultato di proporre al mondo della componentistica moderna due modelli di transistor: i PNP e gli NPN.
Il transistor PNP è ottenuto con uno strato di cristallo positivo, uno strato centrale negativo ed un terzo strato positivo, come indicato sulla sinistra di figura 1.
Il transistor NPN è il risultato della composizione di uno strato di cristallo negativo, uno centrale positivo ed un terzo strato negativo.
A ciascuno dei tre strati di cristallo, che si identifica come una porzione di silicio opportunamente trattato, è collegato un conduttore che costituisce l'elettrodo corrispondente e sul quale si effettua la saldatura con il circuito di impiego del componente.
I tre conduttori, fuoriuscenti dal transistor, vengono segnalati tramite le tre lettere alfabetiche "e", "b", "c", ossia con le iniziali delle tre parole "emittore", "base", "collettore", dunque con la seguente corrispondenza:

e = emittore
b = base
c = collettore

La configurazione cristallina interna del transistor, interpretata attraverso il disegno pubblicato in posizione centrale di figura 1, viene denominata, con un termine di lingua inglese, "chip".
Sotto un certo aspetto, il transistor può essere ritenuto un completamento del diodo a semiconduttore, perché in esso gli strati alterni di cristalli di tipo P ed N sono in numero di tre anziché di due. Ma non si pensi, in considerazione della disposizione simmetrica dei cristalli, che l'emittore possa essere liberamente scambiato con il collettore, perché la costruzione interna del transistor non rispetta assolutamente l'ordine simmetrico dei cristalli.
I simboli teorici, con i quali i due tipi di transistor PNP ed NPN vengono menzionati nella composizione dei progetti elettronici, sono quelli riportati a sinistra e a destra di figura 2, mentre in posizione centrale della stessa figura appaiono tre modelli di transistor, disegnati nelle loro espressioni reali esteriori e scelti fra i componenti a maggior diffusione commerciale.
Industrialmente, i transistor NPN vengono costruiti in quantità maggiore che non i PNP, che formano una categoria minoritaria nel settore dei semiconduttori.

DUE TIPI DI ALIMENTAZIONI

Dopo aver ricordato il principio fisico che contraddistingue le due categorie di transistor, quella dei PNP e l'altra, assai più numerosa, degli NPN, occorre dire che, considerate sotto l'aspetto del pratico impiego, le due configurazioni si differenziano per il diverso modo con cui vengono utilizzate le alimentazioni. Che gli schemi riportati in figura 3 interpretano molto chiaramente.
Nei modelli di tipo PNP, la tensione di alimentazione negativa è applicata, tramite due resistenze, al collettore e alla base, quella positiva è collegata con l'emittore (schema a sinistra di figura 3). Le due resistenze Rc ed Rb assumono rispettivamente le denominazioni di:

Rc = resistenza di collettore
Rb = resistenza di base

Nell'utilizzazione dei modelli NPN l'alimentazione viene invertita, come appare nello schema a destra di figura 3. Ovvero, la tensione positiva dell'alimentatore è applicata, tramite le resistenze Rc ed Rb, al collettore e alla base, quella negativa rimane inserita sull'emittore.
Simbolicamente, quanto ora espresso si identifica con i due circuiti teorici della figura 4, che ripete concettualmente, ma in forma totalmente elettrica, ciò che espone la figura 3 attraverso una composizione principalmente fisica.
Concludendo, in considerazione del fatto che i transistor NPN sono i più comuni, d'ora in poi verrà costantemente presa in esame soltanto questa categoria, poiché ogni affermazione in merito si intenderà estesa pure ai PNP, tenendo presente, per questi ultimi, il solo e diverso criterio di alimentazione.

PROVE PRATICHE

Per analizzare il concetto di impiego del transistor ed il suo comportamento elettrico, più che una tediosa esposizione teorica, al principiante serve la pratica realizzazione di alcune prove sperimentali che, meglio di una lezione scolastica,

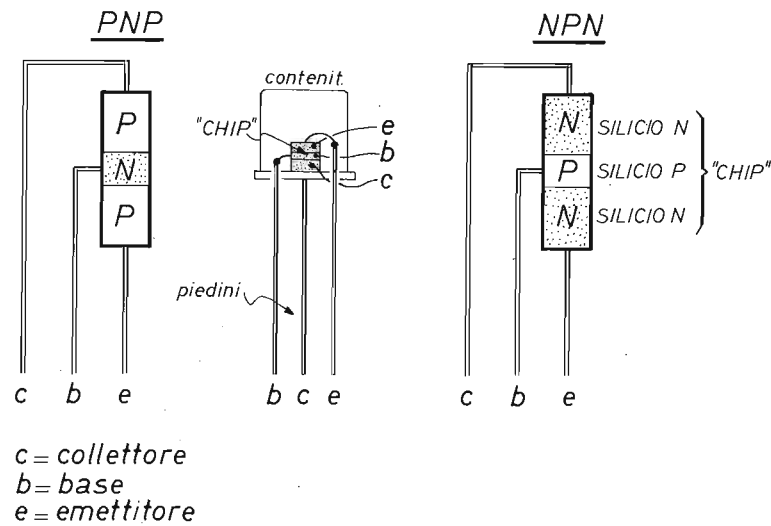



Fig. 1 - Considerato sotto l'aspetto fisico, il transistor di tipo PNP è composto da tre pezzetti di cristallo di silicio opportunamente e chimicamente trattati; quelli situati alle estremità del "chip" sono rappresentati da materiale positivo, mentre il cristallo centrale è negativo. Nei modelli NPN il cristallo centrale è di silicio positivo, i rimanenti due sono di silicio negativo. Ad ogni porzione di cristallo è applicato un conduttore (collettore - base - emittore), sul quale si effettua la saldatura con il circuito di impiego del componente.

fissano nella memoria quegli elementi che via via verranno applicati nel corso dell'attività dilettantistica.
La prima prova pratica, che si realizza componendo lo schema di figura 5, vuol dimostrare che la conduttività elettrica, tra collettore ed emittore di un transistor, non può verificarsi se alla sua base non viene applicata una certa tensione, che

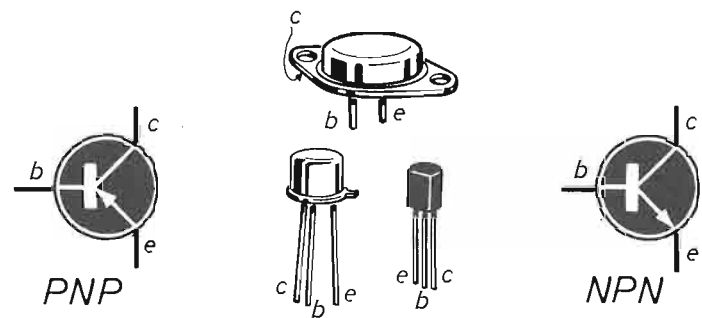



Fig. 2 - I simboli elettrici dei due tipi di transistor PNP ed NPN si differenziano per la sola direzione della freccia indicatrice dell'elettrodo di emittore. In posizione centrale sono riportati alcuni modelli di transistor nella loro veste reale.

NPN

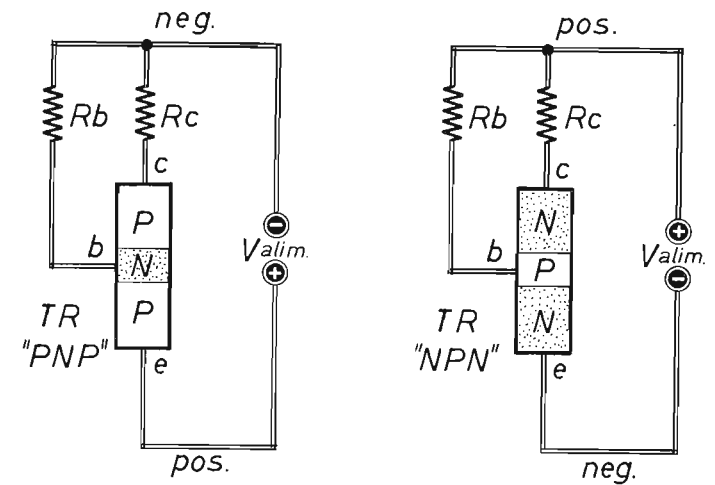



Fig. 3 - I transistor PNP ed NPN si differenziano tra loro, oltre che per la composizione fisica interna, per il diverso sistema di alimentazione che, nei modelli PNP, applica la tensione negativa al collettore e alla base e quella positiva all'emittore, mentre negli NPN collettore e base sono collegati al morsetto positivo dell'alimentatore e l'emittore con quello negativo.

prende il nome di "tensione di polarizzazione di base".
Gli elementi che compongono il circuito di figura 5 sono: il transistor TR, la resistenza di collettore Rc, il microamperometro µA e la sorgente della tensione di alimentazione.
Il transistor è il modello 2N1711, che è di tipo NPN, la resistenza di collettore ha il valore di 82 ohm - 1/4 W, il microamperometro è rappresentato da un normale tester commutato nella misura di correnti continue e nella scala dei valori più bassi, l'alimentatore si identifica con una piccola pila da 9 V.
L'elettrodo di base rimane libero, ossia non collegato ad alcun elemento e la lettura del valore della corrente che fluisce attraverso l'intero cir-

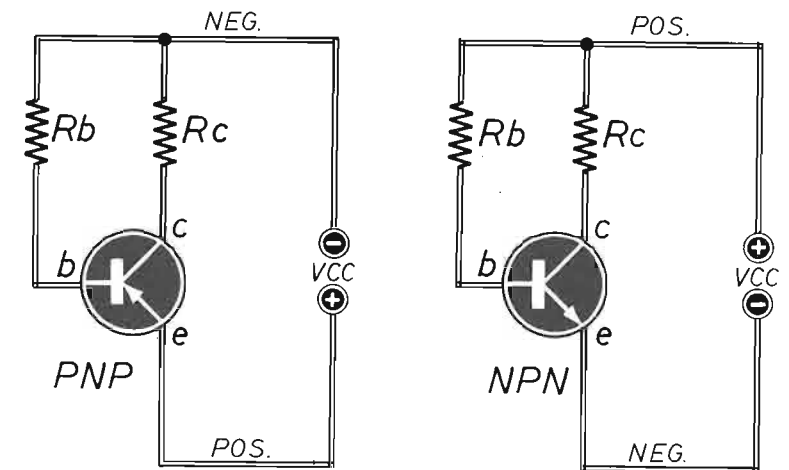



Fig. 4 - I due schemi teorici, qui raffigurati, interpretano i due sistemi di alimentazione adottati per i transistor PNP e NPN. I circuiti, in questo caso, sono esclusivamente composti tramite simboli elettrici.

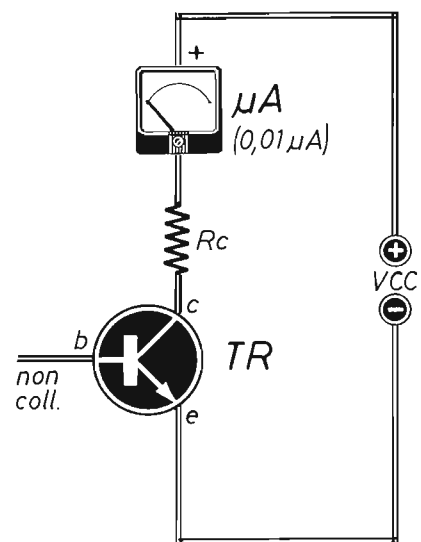



Fig. 5 - La composizione reale di questo semplice circuito teorico consente di provare come, in assenza di tensione sull'elettrodo di base del transistor, fra collettore ed emittore non vi sia un sensibile flusso di corrente.

TR = 2N1711
Rc = 82.000 ohm - 1/4 W
μA = tester
VCC = pila (9 V)

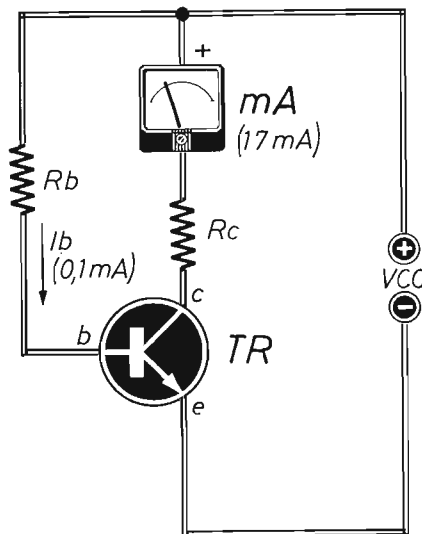



Fig. 6 - Esempio di impiego corretto di un transistor di tipo NPN con tensione di base positiva prelevata dal morsetto dello stesso segno dell'alimentatore.

TR = 2N1711
Rc = 82 ohm - 1/2 W
Rb = 82.000 ohm - 1/4 W
mA = tester
VCC = pila (9 V.)

Fig. 7 - La giunzione base-emittore, internamente al transistor, è assimilabile ad un diodo a semiconduttore (disegno a destra), sui cui elettrodi si misura sempre la tensione nominale di 0,7 V.

Fig. 8 - Con questo circuito si interpreta il comportamento delle correnti di base e di collettore e, conseguentemente, quella di emittore, al variare del valore ohmmico della resistenza Rb di base.

TR = 2N1711
Rc = 82 ohm - 1/2 W
Rb = 41.000 ohm - 1/4 W
VCC = pila (9 V)

cuito e, in particolare, nel tratto collettore-emittore, dimostra che il transistor, così impiegato, è un pessimo conduttore di elettricità. Infatti, se il tester rimane commutato su una scala di 50 μA f.s., l'indice dello strumento resta immobile e, per avvertire qualche suo minimo movimento, occorre inserire e disinserire dal circuito uno dei due puntali dello strumento.
Nel corso di questa prima prova sperimentale, non si deve toccare con le dita delle mani il reoforo di base del transistor, perché essendo il corpo umano sempre carico di una certa quantità di elettricità, applicherebbe al semiconduttore la già menzionata tensione di polarizzazione di base, che provocherebbe un violento spostamento dell'indice del tester verso il fondo-scala.
Mentre il circuito di figura 5 non trova pratica applicazione nei dispositivi elettronici, quello presentato in figura 6 interpreta il corretto impiego dello stesso tipo di transistor, vale a dire del 2N1711 di tipo NPN. In questo caso, infatti, essendo il terminale di base collegato al morsetto positivo della pila tramite la resistenza Rb, il transistor diviene conduttore, alcuni dicono "si accende" e tra collettore ed emittore fluisce una corrente di 17 mA, ovviamente conservando per i vari elementi circuitali gli stessi valori adottati nella pratica applicazione di figura 5 ed assegnando alla resistenza Rb quello di 82.000 ohm - 1/4 W.
La corrente di 17 mA, misurata nel circuito di figura 6, non costituisce una grandezza costante per tutti i transistor 2N1711. Questa infatti può variare fra i due limiti di 10 mA e 20 mA perché i transistor, pur essendo qualificati con la stessa sigla, presentano caratteristiche elettriche leggermente diverse. E ciò può essere facilmente rilevato sostituendo, nel circuito di figura 6, il modello di transistor utilizzato con altri sempre dello stesso tipo, ovvero 2N1711. Per individuare due semiconduttori con caratteristiche uguali o quasi uguali, se ne debbono analizzare parecchi, attraverso un lavoro di selezione che, in talune applicazioni elettroniche, diviene necessario.

CORRENTE DI BASE

Tutti i transistor al silicio vantano una caratteristica comune: il valore nominale di 0,7 V rilevabile fra gli elettrodi di base ed emittore e che, come segnalato nello schema di figura 7, si identifica con quello di barriera di un diodo. La giunzione base-emittore, infatti, si comporta come un diodo al silicio polarizzato direttamente che, pur lasciandosi attraversare dalla corrente, provoca la caduta di tensione di 0,7 V, se la corrente è debole e di 0,8 V se è più forte, mentre lo stato elettrico del collettore, in tale fenomeno, non introduce alcuna influenza.
Tenendo conto della caduta di tensione di 0,7 V, appena menzionata, si valuti ora la corrente di base del transistor TR montato nel circuito di figura 6. Nel quale la tensione di base, essendo quella di alimentazione di 9 V, diminuita di 0,7 V, cioè 9 V — 0,7 V = 8,3 V, provoca, attraverso la resistenza Rb da 82.000 ohm, in accordo con la legge di Ohm:

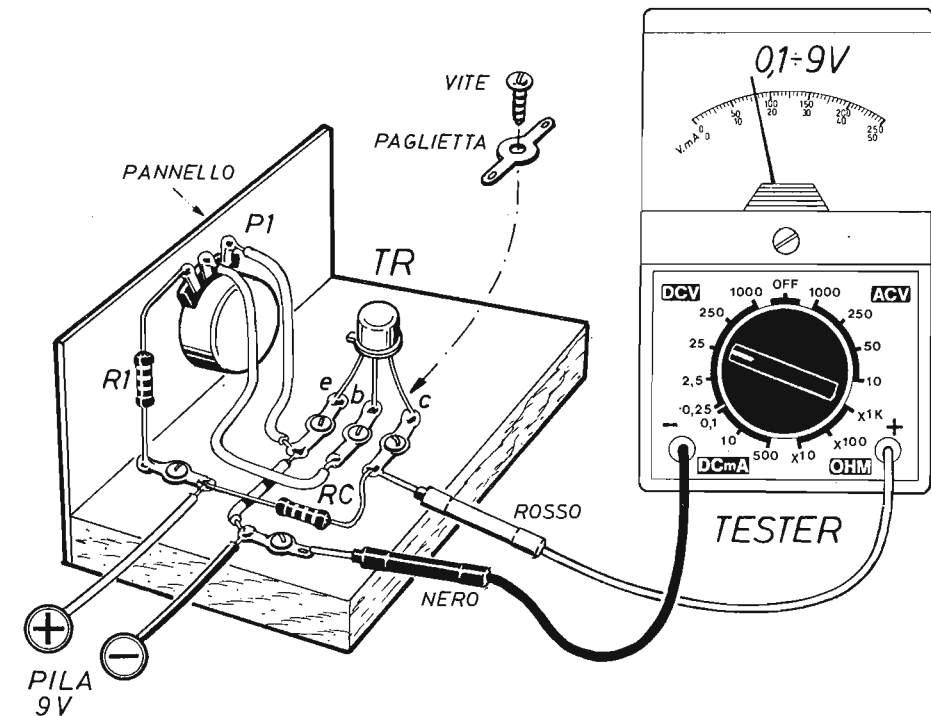
Vb : Rb = Ib

il flusso di corrente di:

8,3 V : 82.000 ohm = 0,1 mA circa

Si può così affermare che la corrente di base, nel circuito di figura 6, assume il valore di 0,1 mA.

Fig. 9 - Circuito di prova sperimentale per l'esame di comportamento del transistor al variare della tensione di base applicata tramite il potenziometro P1. Con le sigle PR e PN sono indicati i due puntali ROSSO e NERO del tester. Il puntale ed il corrispondente conduttore (PR), segnalati con linee tratteggiate, suggeriscono l'intervento strumentale per la seconda prova circuitale, quella della valutazione delle tensioni fra gli elettrodi di base e di emittore.

R1 = 820 ohm - 1/4 W
Rc = 82 ohm - 1/2 W
P1 = 50.000 ohm (potenz. a variaz. lin.)
TR = 2N1711
VCC = pila (9 V)

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE

Il risultato scaturito dai precedenti calcoli conduce alla seguente considerazione: la corrente di collettore Ic, valutata in sede sperimentale attraverso il circuito di figura 6 nella misura di 17 mA, è di molto superiore a quella individuata matematicamente sulla base, che è di 0,1 mA. In ciò consiste l'effetto di amplificazione del transistor nel quale, una debole corrente di base, provoca una forte o, come si suol dire, una amplificata corrente di collettore.
Dividendo fra loro i valori delle due correnti, si ottiene:

Ic : Ib = 17 mA : 0,1 mA = 170

Ebbene, il valore di 170 assume il nome di "coefficiente di amplificazione del transistor". Esso viene comunemente menzionato con la lettera alfabetica greca beta (ß).
I limiti di amplificazione di un transistor possono variare, per quanto detto in precedenza, fra un modello e l'altro pur dello stesso tipo. Nell'esperimento di figura 6, infatti, si era constatato che la corrente di collettore Ic poteva variare fra 10 e 20 mA per il transistor 2N1711. In questo caso, dunque, i limiti del coefficiente di amplificazione si estendono fra 100 e 200, perché: 10 mA: 0,1 mA = 100 e 20 mA : 0,1 mA = 200. Si può pertanto concludere dicendo che l'amplificazione di un qualsiasi transistor dello stesso tipo può variare notevolmente. Il modello 2N1711, ad esempio, è un transistor a medio guadagno, con coefficiente beta medio di 150.
Le varie industrie, nel qualificare i propri prodotti, citano dei valori tipici per i coefficienti di amplificazione beta. Per esempio:

Transistor	Beta tipico
2N3055	20
2N1711	150
BC 107	300
BC 109	500

Nei nostri laboratori, con il semplice impiego del dispositivo pubblicato in figura 6, abbiamo sottoposto a prove tre modelli uguali per ogni tipo di transistor sopra elencati ed abbiamo rilevato i dati riportati nella tabella a parte.

Transistor	Ic (mA)	Beta
2N3055	1,8 - 2 - 2,1	18 - 20 - 21
2N1711	17 - 15 - 12	170 - 150 - 120
BC 107	40 - 37 - 31	400 - 370 - 310
BC 109	55 - 52 - 51	550 - 520 - 510

In ogni caso, il coefficiente di amplificazione beta varia col variare della corrente che fluisce attraverso la base del transistor, con la conseguenza che, ad una maggiore corrente di base, corrisponde un coefficiente di amplificazione minore e quindi un più basso potere di amplificazione del transistor e viceversa. Ma tutto ciò può essere agevolmente e rapidamente constatato con il circuito sperimentale di figura 6, mutando in questo, ovviamente, i valori ohmmici. Per esempio, diminuendo quello della resistenza di base, come accade nello schema di figura 8, in cui la Rb vale 41.000 ohm, ossia la metà del valore della resistenza Rb del circuito di figura 6. Con questa variante, infatti, la corrente di base raddoppia nella misura di 0,2 mA e raddoppia pure la corrente di collettore Ic, che diventa ora di 34 mA. In tal caso, la corrente che attraversa l'emittore, che è data dalla somma di quella di base e quella di collettore (Ie = Ib + Ic), vale 0,2 mA + 34 mA = 34,2 mA.

Fig. 10 - Piano costruttivo del circuito sperimentale teorico di figura 9. L'individuazione dei tre elettrodi di emittore-base-collettore del transistor TR si ottiene osservando la posizione della piccola tacca-guida metallica, ricavata sull'involucro esterno del semiconduttore, che si trova in prossimità del reoforo di emittore.

CIRCUITO SPERIMENTALE

Fra tutti i circuiti fin qui pubblicati ed analizzati, quello di figura 9 è certamente il più importante. Di esso, infatti, allo scopo di agevolare il compito

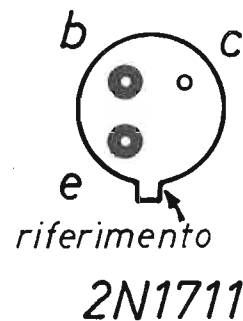



Fig. 11 - Così si presenta, visto dalla parte inferiore, il transistor 2N1711. In posizione diametralmente opposta a quella dell'elettrodo di emittore, si riconosce il reoforo di collettore. Fra i due appare quello di base.

del lettore, viene pure riprodotta la versione costruttiva in figura 10.
Il tester, in questa occasione commutato nella funzione di voltmetro per tensioni continue e nella scala delle poche unità di volt, non superiore comunque ai 10 V, dato che la tensione di alimentazione è derivata da una pila da 9 V, viene applicato, con i suoi puntali, agli elettrodi di collettore e di emittore del transistor TR. Il puntale positivo rosso (PR) va applicato sull'elettrodo di collettore, perché su questo è presente la tensione positiva, quello negativo, nero (PN) sul reoforo di emittore, dove è collegato il morsetto negativo della pila da 9 V, cioè dell'alimentatore VCC.
L'esperimento di figura 9 consiste nel valutare i diversi valori di tensione, rilevati sulla scala del tester, al mutare della posizione del cursore del potenziometro, di tipo a variazione lineare e del valore complessivo di 50.000 ohm, denominato P1. Il che equivale ad una attenta osservazione del comportamento del transistor TR in corrispondenza dei successivi e diversi valori delle tensioni di polarizzazione di base via via applicati su questo elettrodo del semiconduttore.
Cominciamo, dunque, con il cursore di P1 completamente posizionato sulla parte iniziale della resistenza, che sullo schema teorico di figura 9 abbiamo indicato con il numero 0. Ebbene, in tali condizioni circuitali, il transistor non può funzionare, perché essendo di tipo NPN necessita di una tensione di polarizzazione di base positiva, non di quella negativa ora applicata. Il tester, infatti, segnala il valore di tensione di 9 V, ovvero non indica alcuna caduta di tensione circuitale, testimoniando in tal modo l'assenza di scorrimento di corrente elettrica. Si suole dire che il transistor TR, non essendo percorso da corrente, si trova all'interdizione. Ecco perché, in corrispondenza del primo tratto resistivo del potenziometro P1 è stata apposta la dicitura INTERD.
Procedendo ora con lo spostamento del cursore di P1 verso i numeri più alti, ci si accorgerà che i valori di tensione, segnalati dal tester, cominciano a diminuire, con l'evidente conseguenza di un iniziale passaggio di corrente attraverso il circuito. Una corrente che provoca, lungo il percorso, qualche lieve caduta di tensione.
Più precisamente, finché la tensione di polarizzazione di base rimane al di sotto del valore della tensione di barriera della giunzione di silicio di 0,7 V, il transistor TR conserva lo stato di interdizione. Non appena questa tensione supera lo 0,7 V, il transistor accenna il movimento elettronico.
Quando il cursore di P1 raggiunge il valore 4, la tensione rilevata dal tester, che viene chiamata tensione di collettore e indicata con la sigla Vc, si assesta intorno ai 4,5 V, ma diventa di soli 0,1 V con il cursore di P1 posizionato sul valore 7 e rimane ancora di 0,1 V anche salendo fino alla posizione 8 di P1. Ciò significa che, dalla posizione 7 in poi, la base del transistor rimane correttamente polarizzata e TR diviene conduttore. La corrente ora scorre agevolmente attraverso la resistenza di collettore Rc e fra gli elettrodi di collettore ed emittore di TR.
Si suole dire che, in queste condizioni elettriche, il transistor raggiunge la saturazione. Sulla zona corrispondente del potenziometro (7 - 8), infatti, è stata riportata la dicitura SATUR.
Attraverso l'esperimento così condotto, il transistor TR si è trovato nelle sue tre zone principali di comportamento:

INTERDIZIONE (Vc = 9 V)
CONDUZIONE (Vc < 9 V)
SATURAZIONE (Vc = 0,1 V)

Una seconda, interessante prova, consiste nell'applicare i puntali del tester fra base ed emittore di TR, come suggerito tramite l'indicazione punteggiata in figura 9, ovvero collegando il puntale positivo rosso (PR) sulla base e mantenendo ancora quello negativo nero (PN) sulla linea di alimentazione negativa.
Il tester, per questo ulteriore esame del transistor, va commutato sulla scala di 2 V f.s.
Ovviamente, il cursore di P1 va riportato sulla posizione 0 e poi lentamente spostato verso i valori più alti.
Il risultato è il seguente: l'indice dello strumento si sposta da 0 V verso 0,6 V assai rapidamente, per rimanere poi immobile fra i valori di 0,7 V e 0,8 V.
Altra prova, da effettuare con il progetto di figura 9, consiste nel sostituire la resistenza di collettore Rc con una lampadina a filamento da 12 V - 0,1 A, per constatare come varia la luminosità di questa durante gli spostamenti del cursore del potenziometro P1.
Concludiamo ricordando che la resistenza R1 assume la funzione di elemento di limitazione della corrente di base, quando il cursore di P1 è completamente spostato verso la posizione 8. Nella quale il valore di Ib diviene:

9 V : 820 ohm = 10 mA circa

DISSIPAZIONE ENERGETICA

Quando il transistor, qualunque sia il circuito di applicazione, si trova all'interdizione, nessuna dissipazione energetica viene provocata dal componente. Vediamo invece che cosa succede quando il transistor è in saturazione o, come dicono alcuni, rimane "acceso".
Facciamo ancora riferimento allo schema di figura 8 e ai valori per esso menzionati. E cominciamo col valutare la corrente di collettore tramite la legge di Ohm: I = V : R.
Considerando che la tensione è di 9 V, diminuita del valore di saturazione, cioè 9 V —0,1 V = 8,9 V e che la resistenza di collettore Rc vale 82 ohm, si ha:

8,9 V : 82 ohm = 0,108 A = 108 mA

Basta ora moltiplicare il valore della corrente di collettore per la tensione di saturazione, per individuare l'entità della potenza elettrica dissipata sul collettore:

0,108 A x 0,1 V = 0,01 W

La potenza dissipata dalla base è irrisoria ed è stabilita dal seguente prodotto:

Vbe x Ib = Pot. diss. in base

ovvero:

0,7 V x 0,0001 A = 0,00007 W

Dunque la potenza complessiva dissipata dal transistor nel circuito di figura 9 è di:

0,01 W + 0,00007 W = 0,01007 W

Anche la potenza dissipata dal transistor è irrisoria. Ma le cose cambiano quando si impiegano transistor di potenza. E cambiano pure quando il transistor di piccola o media potenza, anziché essere in stato di saturazione è in quello di semplice conduzione. Per esempio con una tensione di collettore-emittore Vce di 4,5 V, nello schema di figura 9, il flusso di corrente diventa:

I = V : R

cioè

4,5 V : 82 ohm = 0,054 A = 54 mA

e la potenza dissipata dal transistor, trascurando quella di base, è di:

4,5 V x 0,054 A = 0,243 W

Dunque, come si può notare, la massima dissipazione del transistor non si verifica quando questo è in saturazione, bensì quando si trova in semplice conduzione e comincia a riscaldarsi, imponendo, alle volte, l'impiego di elementi di raffreddamento (radiatori).

Fig. 12 - Transistor di potenza visto nelle due configurazioni esterna ed interna. Il "chip", come si può osservare, costituisce l'insieme apparente di due distinti transistor collegati in parallelo. La base ed il collettore hanno un solo conduttore, l'emittore ne ha due interni, che poi si uniscono in un solo reoforo.

Vendite - Acquisti - Permute

VENDO generatore di onde quadre Tektronix 0÷1 MHz valvolare L. 98.000; generatore di funzioni CSC 2001 da 0 a 100 KHz con sweep L. 149.000; frequenzimetro digitale CTE FD40 da 5 Hz a 40 MHz 5 digit L. 98.000. Il tutto perfettamente funzionante e disponibile per prova.
ALFANO ROBERTO - Via Pian di Forno, 24/1 - 16153 GENOVA Tel. (010) 623077 ore serali

VENDO programmi per C64. Chiedere lista inviando L. 600 per spese postali.
GHIBESI EMO - Via Roccole, 96 - 25041 BOARIO TERME (Brescia) Tel. (0364) 531550 ore pasti

VENDO alimentatore 7 A marca C.T.E., inoltre strumento per CB Lafayette mod. SWR 17 (misuratore di ros, potenza, modulazione, campo ed accordatore). Regalo HIC preamplificato. Il tutto a L. 100.000. Vendo anche singolarmente.
BRUNI FABRIZIO - Via Trieste, 83 - 51015 MONSUMMANO TERME (Pistoia) Tel. (0572) 53184 ore pasti

SCAMBIO CB completo di rosmetro, alimentatore, antenna, microfono, 10 mt di cavo e box, con Commodore 64 completo di joystick e registratore con eventuali programmi.
PIETRIBIASI SIMONE - Via Paludi, 30 - 38014 GARDOLO (Trento) Tel. (0461) 45750

ESEGUO progetto e montaggio di qualsiasi circuito elettrico in particolare strumenti elettro-medicali.
DE MARCO ROBERTO - Via Fontanarossa, 44/31 - 16144 GENOVA Tel. (010) 820295

VENDO ultimi sei numeri di Elettronica Pratica del 1986 a L. 10.000 + 11 numeri di "Progetto" + 3 di "Cinescopio" a L. 30.000 (con basette omaggio).
SANGALLI EZIO - Via N.S. Angeli, 1/5 - 17100 SAVONA

CAMBIO o vendo corso elettronica industriale rilegato della S.R.E. in cambio di HI FI o TV radio sempre della S.R.E. o Istituto Tecnico Svizzero. Inoltre cerco oscilloscopio di ridotte dimensioni con istruzioni per l'uso.
CASOLARI GABRIELE - Via B. Schedoni, 14/B - 41100 MODENA

CERCO schemi di qualsiasi accessorio per apparati CB (modifiche comprese).
NASELLA ANTONIO - Via S. Lorenzo, 3 - 86100 CAMPOBASSO Tel. (0874) 65564 dopo le 21

CERCO riviste di Elettronica Pratica solo annate complete fuorché gli anni 1975 - 1976 - 1977 - 1985 - 1989 già in mio possesso. Prezzo da concordare.
CARRETTA LUCIANO - Via A. Manzoni, 11 - 37045 VERONA Tel. (0442) 26473 dopo le ore 20

Di questa Rubrica potranno avvalersi tutti quei lettori che sentiranno la necessità di offrire in vendita, ad altri lettori, componenti o apparati elettronici, oppure coloro che vorranno rendere pubblica una richiesta di acquisto od un'offerta di permuta.
Elettronica Pratica non assume alcuna responsabilità su eventuali contestazioni che potessero insorgere fra i signori lettori e sulla natura o veridicità del testo pubblicato. In ogni caso non verranno accettati e, ovviamente, pubblicati, annunci di carattere pubblicitario.
Coloro che vorranno servirsi di questa Rubrica, dovranno contenere il testo nei limiti di 40 parole, scrivendo molto chiaramente (possibilmente in stampatello).

IL SERVIZIO E' COMPLETAMENTE GRATUITO

VENDO 32 integrati RAM statiche 6116 (anche sfusi), apparecchio per magnetoterapia ad effetto concentrato N.E. LX 811, Max memory N.E. completo di lettore di cassette, alimentatore variabile da 2 A. Realizzo circuiti stampati a prezzi vantaggiosi.
GIUSEPPE - Tel. (0883) 754978 ore pasti

VENDO alimentatore stabilizzato mod. Challenger, imput 220 V output 13,8 V 3 A mai utilizzato L. 25.000.
DANIELE - Tel. (081) 642279 ore serali

VENDO riviste di Elettronica Pratica da luglio 1983 all'ultimo numero a L. 15.000 per annata o L. 70.000 il tutto.
NARDUZZI ANDREA Via Verdi, 86 - 30171 MESTRE (Venezia) Tel. (041) 986769 ore pasti

VENDO computer ZX spectrum 48 K più interfaccia Kemston 1 Joystick e in più i giochi. Tutto a L. 200.000.
CASTELLI ANDREA - Via Bellagrande, 5 - 48021 LAVEZZOLA (Ravenna) Tel. (0545) 80521 ore 19-20

DISPONGO di 4 TX 88 ÷ 108 MHz programmabili. Potenza 10 e 20 W in rack a L. 500.000 e 680.000; encoder quarzato stereo L. 350.000; compressore di dinamica Lire 300.000, amplificatore FM 250 W LB L. 1.200.000.
PIERO - Tel. (091) 342239

VENDO, anche separatamente, radio portatile Philips Lire 20.000 AM/FM; altra portatile a doppia alimentazione AC/DC L. 40.000; un cinescopio nuovo b/n TV 12" L. 15.000; un TV portatile da 12" a transistor per recupero componenti L. 23.000.
SIGNETTI SERGIO - C.so Francia, 341 TORINO Tel. (011) 7730221

COMPRO schemi riguardanti Commodore 64 originali o fotocopiati a L. 1.000 cadauno + spese di spedizione. Spedire l'elenco dei progetti.
LUTTI LORENZO - Via Venezia, 105 - 41058 VIGNOLA (Modena)

VENDO in ottimo stato, equalizzatore grafico con booster 8 vie 80 W (canale) con supporto. L. 140.000 trattabili (valore effettivo L. 240.000).
ROBERTO - Tel. (0332) 947525 ore pasti

VENDO monitor Philips BM7552 L. 80.000; stampante Commodore MPS803 L. 250.000; Commodore L6 + accessori e software L. 100.000.
GIUMELLI ALESSANDRO - Via Garibaldi, 101 - 20033 DESIO (Milano)

VENDO programmi di ogni genere per C64 e C128 su cassetta e disco.
FERMO POSTA - Tessera identità N° 85156296 - 80045 POMPEI CENTRALE (Napoli)

VENDO valvole a prezzi imbattibili + schemi (solo fotocopie) di ricevitori radio anni 40÷45, alimentatore da 1÷15 V 1,5 A a L. 25.000. Cerco valvole tipo 6H6, 6C5G, 6X5GY, scambio con altrettante. Vendo strumenti da laboratorio valvolari e a strato solido.
MONTEMURRO VITTORIO - Via S. Stefano, 23 - 75100 MATERA Tel. (0835) 330224

VENDO tastiera Yamaha, nuova con 4 ottave, con porta tastiera. Il tutto a L. 500.000.
RUO GIUSEPPE - Via Aurora, 12/T - 20037 PADERNO DUGNANO (Milano) Tel. (02) 9184883 dopo le 18

VENDO a L. 12.000 schemi TV, colore e b/n. Comunicare la marca del TV e l'esatto modello.
RAGGIRI GIUSEPPE - Via Bosco, 11 - 55030 VILLA COLLEMANDINA (Lucca) Tel. (0583) 68390 dopo le ore 19

VENDO rack autocostruito che racchiude unico lotto, radio 40 W, con 5 bande di frequenza FM/AM/MB/SW2/SW1; indicatore uscita led; registratore a cassette. Tutto funzionante a L. 80.000. Vendo inoltre giochi per Amstrad CPC464 a L. 3.000 l'uno.
BULLEGAS GIAMPAOLO - Via S. Giovanni Bosco, 15/1 - 09017 S. ANTIOCO (Cagliari) Tel. (0781) 800239

CERCASI schemi elettrici e di montaggio della basetta siglata "ELEM ABP 007". Spese postali a mio carico.
PORTA ANTONIO B. - Via Brigata Sassari, 1 - 09090 MUSALLAS (Oristano) Tel. (0783) 990531 domenica - ora pasti

VENDO a sole L. 50.000 (in blocco) n° 22 riviste varie di elettronica + 1 Quattroruote.
SALVATORE - Tel. (02) 9235746 ore 14,30 - 15,30 e 19,30 - 21

ESEGUO circuiti stampati su vetronite a L. 100 al cmq. Inviare il master del circuito. Vendo inoltre giochi per MSX.
BALDELLI GIULIANO - P.zza Antonio Meucci, 23 - 00146 ROMA Tel. (06) 5584409 ore pomeridiane

CERCO seria ditta per eseguire kit e altri montaggi elettronici al mio domicilio.
LANZILLOTTA TIZIANA - Via Creva, 93 - 21016 LUINO (Varese)

ACQUISTO transverter HF/VHF (sintonia stabile - pilota 40 ch/CB) anche usato - preferito radioamatore, un po' meno Ditte. Inoltre valuto occasione Palmare VHF digitale. Dettagliare offerte solo per lettera. SWL 0345/IT9 (neo patente VHF).
ARRIGO SANTINO - Via Umberto I° n° 735 - 98027 ROCCALUMERA (Messina)

VENDO anche separatamente computer Sharp M 2700 con registratore a cassetta incorporato e stampante Seikosha GP500 interfacciata + Commodore plus 4 completo di registratore a casssetta I 531, joystick, giochi e testi vari + radioregistratore Sirio 964 Autovox completo di plancia.
GIUSEPPE - PALERMO Tel. (091) 590906

PER I VOSTRI INSERTI

I signori lettori che intendono avvalersi della Rubrica « Vendite - Acquisti - Permute » sono invitati ad utilizzare il presente tagliando.

TESTO (scrivere a macchina o in stampatello)

____

____

____

____

____

____

Inserite il tagliando in una busta e spedite a:

ELETTRONICA PRATICA

- Rubrica « Vendite - Acquisti - Permute »
Via Zuretti, 52 - MILANO.

LA POSTA DEL LETTORE

Tutti possono scriverci, abbonati o no, rivolgendoci quesiti tecnici inerenti a vari argomenti presentati sulla rivista. Risponderemo nei limiti del possibile su questa rubrica, senza accordare preferenza a chicchessia, ma scegliendo, di volta in volta, quelle domande che ci saranno sembrate più interessanti. La regola ci vieta di rispondere privatamente o di inviare progetti esclusivamente concepiti ad uso di un solo lettore.

FLUSSO MAGNETICO

Da un piccolo motore elettrico fuori uso ho asportato due magneti permanenti, di forma parallelepipeda, che si attraggono e respingono sulle facce di maggior superficie e con i quali vorrei realizzare un elemento di bloccaggio di un cancello di ferro aperto quando mi capita di varcare, in automobile, la soglia d'ingresso della mia casa di campagna. In altre parole, ho intenzione di comporre un sistema di fermo automatico, ma sicuro, contro eventuali colpi di vento o, comunque, facili scorrimenti delle cerniere che sorreggono la pesante struttura metallica. Naturalmente, prima di ascoltare i vostri consigli, ho provveduto ad incassare nel muro, in corrispondenza del profilo mobile centrale del battente, le due calamite, senza tuttavia ricavarne una buona impressione, dato che le forze magnetiche non mi sembrano sufficientemente forti.

NOSEDA RUGGERO
Bergamo

Il suo problema si risolve, evidentemente, provocando un aumento delle forze di attrazione tra le parti in gioco. E ciò si ottiene ragionando in modo analogo a quello dei circuiti elettrici, identificando, in tal caso, la forza elettromotrice con quella magnetomotrice, la corrente con il flusso magnetico e la resistenza con la riluttanza. Conseguentemente, nella sua installazione, i magneti permanenti rappresentano la sorgente della forza magnetomotrice, quasi fossero un condensatore, nel quale la differenza di potenziale va ravvisata in questa forza. Pertanto, tenendo conto che l'entità dell'attrazione fra il circuito magnetico fisso, ovvero quello murato e la parte ferrosa di chiusura di questo stesso circuito, cioè il cancello, è proporzionale al flusso magnetico, quando è fissata l'entità della superficie interessata, per aumentare la forza magnetomotrice a lei non resta che intensificare il flusso, giacché le dimensioni dei magneti non possono essere variate. E per aumentare il flusso magnetico, a parità di forza magnetomotrice, occorre diminuire la riluttanza. Allo stesso modo con il quale, nei circuiti elettrici, per aumentare la corrente, a parità di tensione, si diminuisce la resistenza. Applichi, dunque, i due magneti, in serie, su una barra di ferro di sezione più elevata di questi, onde eliminare la riluttanza introdotta dal muro sul circuito del flusso magnetico posteriore e con lo scopo di comporre una classica calamita.

STABILIZZATORE DI TENSIONE

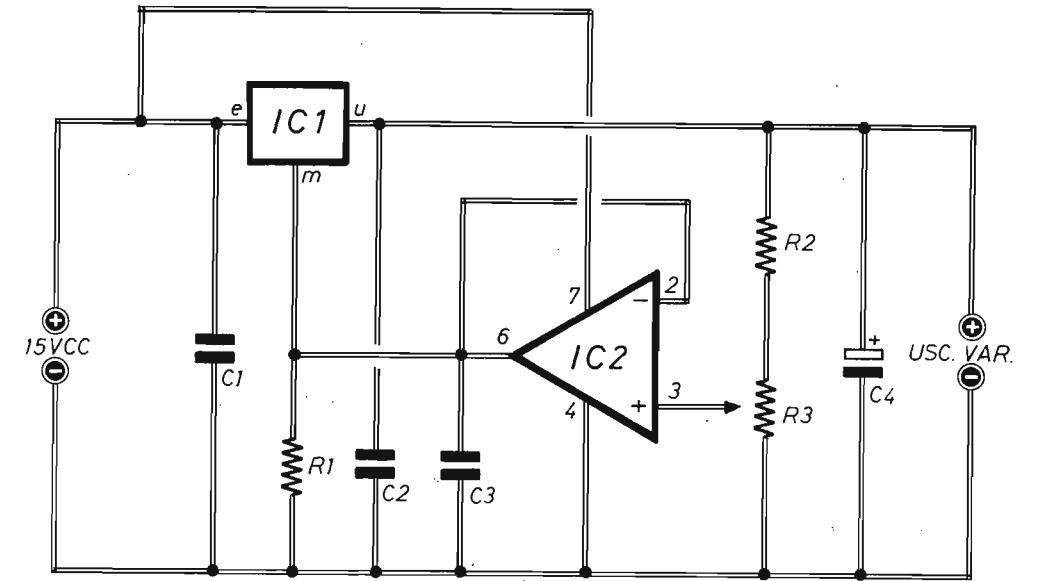
Con l'integrato 7805 vorrei costruire un alimentatore stabilizzato per tensione di 15 Vcc in entrata e variabile in uscita.

GIRELLI STEFANO
Pescara

La tensione d'ingresso di 15 Vcc deve essere perfettamente filtrata e sempre superiore, di almeno tre volt, rispetto a quella regolata tramite R3 in uscita. La massima corrente derivabile è di 1 A. IC1 va opportunamente raffreddato.

Condensatori
C1 = 100.000 pF
C2 = 100.000 pF
C3 = 100.000 pF
C4 = 10 µF - 25 Vl (elettrolitico)

Resistenze
R1 = 1.000 ohm - 1/2 W
R2 = 1.000 ohm - 1/2 W
R3 = 10.000 ohm (potenz. a variaz. lin.)

Varie
IC1 = 7805
IC2 = µA741

MINILAMPEGGIATORE

Debbo realizzare un piccolo lampeggiatore a due led con accensioni alternate, uno di color rosso, l'altro di color verde.

SIRCHIA LUIGI
Bari

Per variare la frequenza dei lampeggìi, occorre mutare i valori capacitivi di C1 e C2, mantenendoli tuttavia sempre uguali, onde stabilire un funzionamento simmetrico. Per aumentare la luminosità, si debbono diminuire i valori di R1 - R4, tenendo presente quanto esposto nella seguente tabella.

R1 - R4	Vcc alim.
220 ohm	3
330 ohm	4,5
470 ohm	6
680 ohm	9
1.000 ohm	12
1.200 ohm	15

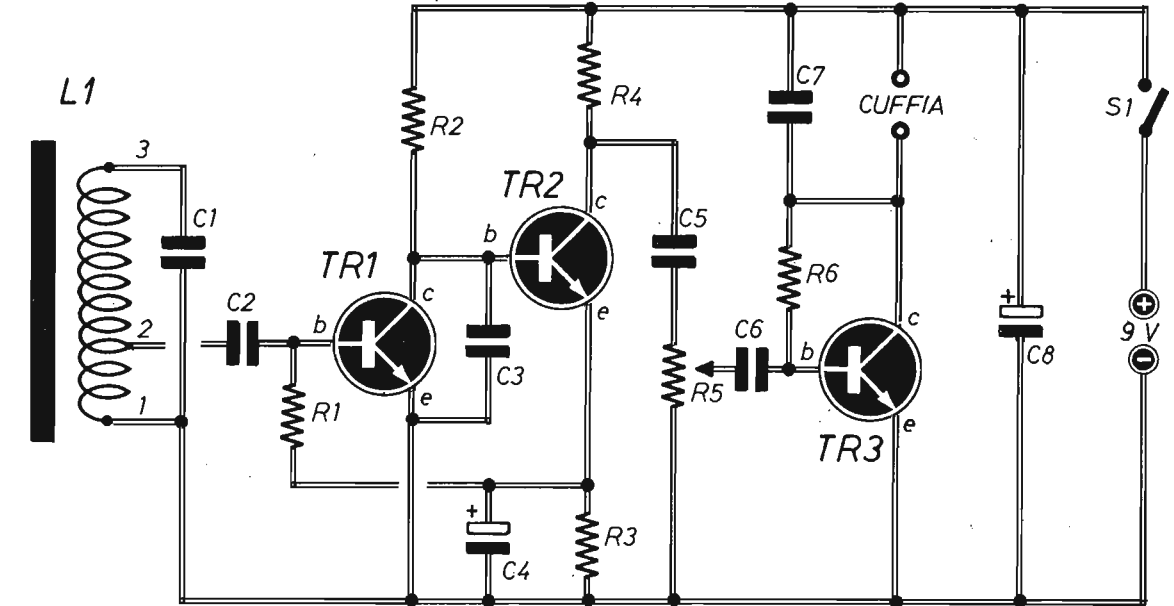
SENSORI PER RADIODISTURBI

Per non alterare il corretto funzionamento di un piccolo computer, debbo eliminare, nella mia officina, ogni tipo di radiodisturbi impulsivi generati principalmente dalle scintille di apparati elettromeccanici. Potete suggerirmi la costruzione di un dispositivo in grado di individuare le sorgenti radioelettriche da eliminare?

SESSA FELICE
Salerno

Realizzi questo particolare modello di ricevitore, in cuffia, di segnali radio impulsivi. Lo orienti poi nella direzione di provenienza dei segnali e si avvicini sempre più a questi, in corrispondenza dell'aumento di intensità sonora. La bobina L1 si costruisce avvolgendo, su una ferrite cilindrica di 8 mm di diametro, lunga 10 cm, 200 spire compatte di filo di rame smaltato da 0,2 mm. La presa intermedia (2) è ricavata alla centesima spira, vale a dire a metà avvolgimento. Con R5 si controlla il volume audio in cuffia.

Condensatori

C1 = 100.000 pF
C2 = 100.000 pF
C3 = 10.000 pF
C4 = 10 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C5 = 100.000 pF
C6 = 100.000 pF
C7 = 10.000 pF
C8 = 100 µF - 25 Vl (elettrolitico)

Resistenze

R1 = 100.000 ohm - 1/4 W
R2 = 47.000 ohm - 1/2 W
R3 = 680 ohm - 1/4 W
R4 = 2.200 ohm - 1/2 W
R5 = 10.000 ohm - (potenz. a variaz. log.)
R6 = 220.000 ohm - 1/4 W

Varie

TR1 = BC109
TR2 = BC109
TR3 = BC109
L1 = bobina-antenna
S1 = interruttore
CUFFIA = 30 ÷ 300 ohm
ALIM. = 9 Vcc (pila)

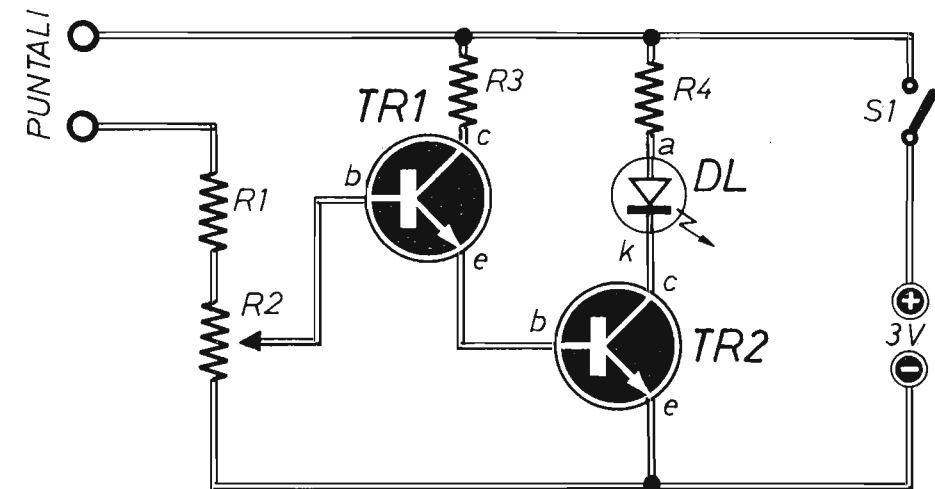
INDICATORE DI CONTINUITÀ

Per controllare la continuità elettrica dei circuiti, mi servirebbe lo schema di un semplice dispositivo con indicazioni luminose a led.

VACCARO MARIO
Trento

Questo elementare progetto è pure adatto per individuare le microinterruzioni sulle piste dei circuiti stampati.

Resistenze

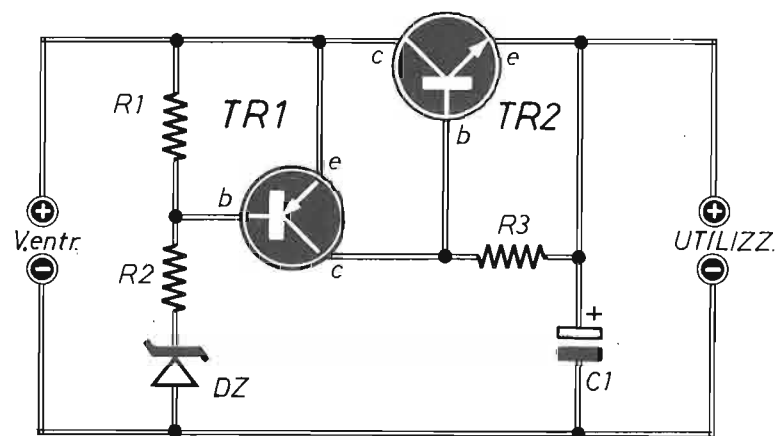
R1 = 10.000 ohm - 1/2 W
R2 = 22.000 ohm (trimmer reg. di sensib.)
R3 = 1.000 ohm - 1/2 W
R4 = 220 ohm - 1/2 W

Varie

TR1 = BC107
TR2 = BC107
DL = diodo led
S1 = interrutt.
PILA = 3 V

PILE CARICHE NEGLI RTX

Se le pile, di tipo ricaricabile, del mio ricetrasmettitore, si scaricano oltre un certo valore di tensione, queste possono subire danni irreparabili. Potete propormi la realizzazione di un interruttore automatico, che disinserisca l'alimentazione quando la tensione scende al di là del consentito?

TADDEI VINCENZO
Verona

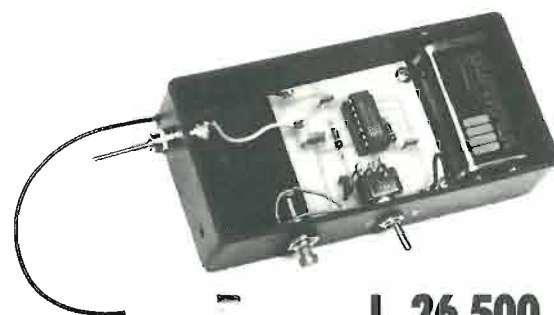
La tensione applicabile in entrata (Ventr.) è ovviamente quella di 12 Vcc. E quando questa si abbassa in uscita, la conduttività circuitale cessa.

Condensatore

C1 = 500 µF - 25 Vl (elettrolitico)

Resistenze

R1 = 4.700 ohm - 1 W
R2 = 1.000 ohm - 1 W
R3 = 1.000 ohm - 1 W

Varie

TR1 = 2N2905A
TR2 = 2N3055
DZ = diodo zener (9 V - 1 W)

AURICOLARE PER TELEFONO

Al mio apparecchio telefonico vorrei aggiungere un auricolare, con lo scopo di far ascoltare le comunicazioni in arrivo anche a mia moglie. Come posso fare?

RECALCATI ANDREA
Perugia

Applicando all'apparecchio un pick-up telefonico da 600 ohm, a ventosa, acquistabile presso i rivenditori di componenti elettronici e collegandolo poi al circuito qui pubblicato. Nel quale la cuffia o l'auricolare debbono essere dotati di un'impedenza medio-alta (33 ÷ 300 ohm). Il trimmer R3 va regolato per il miglior ascolto.

Condensatori

C1 = 10 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C2 = 10 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C3 = 10.000 pF

Resistenze

R1 = 100.000 ohm - 1/4 W
R2 = 47.000 ohm - 1/4 W
R3 = 100.000 ohm (trimmer)
R4 = 1.000 ohm - 1/2 W
R5 = 2.200 ohm - 1/2 W

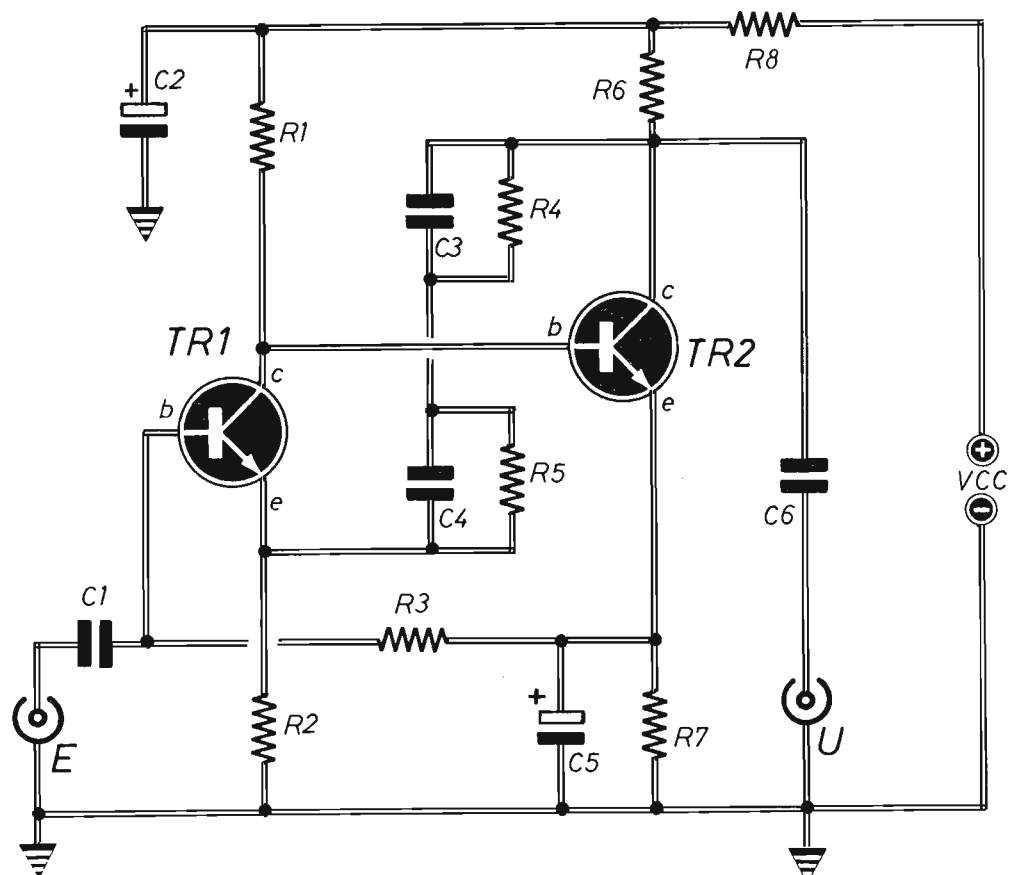
Varie

TR1 = BC108
TR2 = BC108
P.U. = pick-up telef. (600 ohm)
S1 = interrutt.
CUFFIA = 33 ohm ÷ 300 ohm
ALIM. = 3 Vcc

PREAMPLIFICATORE HI-FI

Per amplificare segnali molto deboli, mi serve lo schema di un preamplificatore di bassa frequenza ad alta fedeltà.

PEDERZOLI ROMEO
Genova

La realizzazione va effettuata dentro un contenitore metallico, facendo uso, per i collegamenti esterni, di cavi schermati. Le caratteristiche in frequenza sono controllate da C3 - C4, i cui valori possono essere modificati onde ottenere il responso voluto. L'impedenza d'ingresso è adatta al collegamento con sorgenti di media impedenza (decine di migliaia di ohm), anche l'uscita può pilotare carichi a media impedenza.

Condensatori

C1 = 1 μF (non polarizzato)
C2 = 100 μF - 25 Vl (elettrolitico)
C3 = 2.800 pF
C4 = 6.800 pF
C5 = 47 μF - 16 Vl (elettrolitico)
C6 = 1 μF (non polarizzato)

Resistenze

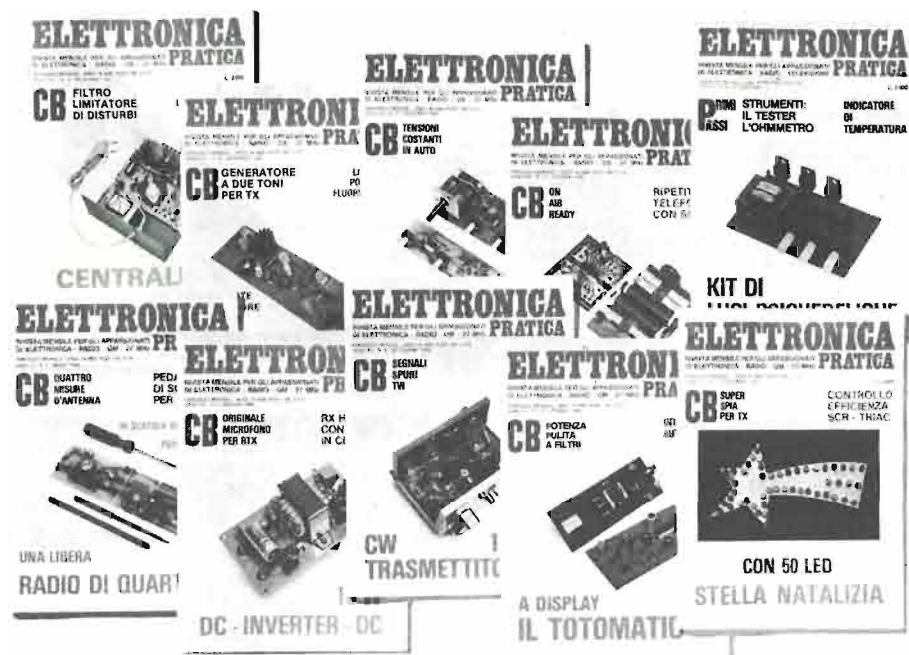
R1 = 33.000 ohm - 1/4 W
R2 = 1.500 ohm - 1/4 W
R3 = 47.000 ohm - 1/4 W
R4 = 57.000 ohm - 1/4 W
R5 = 820 ohm - 1/4 W
R6 = 10.000 ohm - 1/4 W
R7 = 2.200 ohm - 1/4 W
R8 = 330 ohm - 1/4 W

Varie

TR1 = BC108
TR2 = BC108
ALIM. = 15 Vcc (stabilizz.)

offerta speciale!

NUOVO PACCO DEL PRINCIPIANTE

Una collezione di dieci fascicoli arretrati accuratamente selezionati fra quelli che hanno riscosso il maggior successo nel tempo passato.

L. 12.000

Per agevolare l'opera di chi, per la prima volta è impegnato nella ricerca degli elementi didattici introduttivi di questa affascinante disciplina che è l'elettronica del tempo libero, abbiamo approntato un insieme di riviste che, acquistate separatamente verrebbero a costare L. 3.500 ciascuna, ma che in un blocco unico, anziché L. 35.000, si possono avere per sole L. 12.000.

Richiedeteci oggi stesso IL PACCO DEL PRINCIPIANTE inviando anticipatamente l'importo di L. 12.000 a mezzo vaglia postale, assegno o c.c.p. n. 916205, indirizzando a: Elettronica Pratica - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.

STRUMENTI DI MISURA

MULTIMETRO DIGITALE
MOD. TS 280 D - L. 132.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate - Visualizzatore cristallo liquido a 3½ cifre altezza mm 12,5 montato su elastomeri - Integrati montati su zoccoli professionali - Batteria 9 V - Autonomia 1000 ore per il tipo zinco carbone, 2000 ore per la batteria alcalina - Indicatore automatico di batteria scarica quando rimane una autonomia inferiore al 10% - Fusibile di protezione - Bassa portata ohmmetrica (20 Ω) - 10 A misura diretta in D.C. e A.C. - Cicalino per la misura della continuità e prova diodi - Boccole antinfortunistiche - Dimensione mm 170 x 87 x 42 - Peso Kg 0,343

PORTATE

VOLT D.C	=	200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C.	=	200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 750 V
OHM	=	20 Ω - 200 Ω - 2 KΩ - 20 KΩ - 200 KΩ - 2 MΩ - 20 MΩ
AMP. D. C.	=	200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A
AMP. A.C.	=	200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e distinta dei componenti - Puntali antinfortunistici - Coccodrilli isolati da avvitare sui puntali.

MULTIMETRO DIGITALE
MOD. TS 240D - L. 73.000

CARATTERISTICHE GENERALI

Visualizzatore	: a cristalli liquidi con indicatore di polarità.
Tensione massima	: 500 V di picco
Alimentazione	: 9V
Dimensioni	: mm 130 × 75 × 28
Peso	: Kg 0,195

PORTATE

Tensioni AC	=	200 V - 750 V
Correnti CC	=	2.000 μA - 20 mA - 200 mA - 2.000 mA
Tensioni CC	=	2.000 mV - 20 V - 200 V - 1.000 V
Resistenza	=	2.000 Ω - 20 KΩ - 200 KΩ - 2.000 KΩ

INTERAMENTE PROTETTO DAL SOVRACCARICO

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico - Puntali

Gli strumenti pubblicizzati in questa pagina possono essere richiesti inviando anticipatamente l'importo, nel quale sono già comprese le spese di spedizione, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.